

23
2er



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"**

CIMENTACIONES PORTUARIAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

ALFREDO ORTIZ PASTOR



ACATLAN, MEXICO

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN.**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N T R O D U C C I O N

1

CAPITULO

I GENERALIDADES

- 1.1 EVOLUCION DEL TRANSPORTE. 2
- 1.2 DESARROLLO PORTUARIO EN MEXICO. 5
- 1.3 CARACTERISTICAS PORTUARIAS 15

CAPITULO

II ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PUERTO.

- 2.1 OBRAS EXTERIORES. 26
- 2.2 AREAS DE NAVEGACION. 30
- 2.3 MUELLES. 33
- 2.4 DEFENSAS. 38
- 2.5 ALMACENES 49

CAPITULO

III CIMENTACIONES DE MUELLES.

- 3.1 PILOTES PREFABRICADOS DE-- CONCRETO. 54
- 3.2 PILAS. 57
- 3.3 TABLESTACAS DE ACERO O CONCRETO. 65

CAPITULO

IV PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y APLICACION.

- 4.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PILOTES DE CONCRETO-- PREFABRICADO. 92
- 4.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PILAS. 108
- 4.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA TABLESTACAS. 120
- 4.4 PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y-- APLICACION. 135
- CONCLUSIONES 139
- BIBLIOGRAFIA 143

I N T R O D U C C I O N

En el presente trabajo se compara al transporte marítimo con los otros modos de transporte, se da además un desarrollo portuario en la República Mexicana, describiendo sus características las cuales van definiendo en una forma más específica, la clasificación de los puertos.

Se muestran los elementos que integran un puerto, necesarios para su adecuado funcionamiento y las obras de protección.

Respecto al tipo de cimentación de muelles se describirán los más usuales: pilotes prefabricados de concreto, pilas y tablestacas de acero o concreto y su aplicación dependiendo de las condiciones del suelo.

Se da a conocer el equipo que se emplea en este tipo de trabajos y los procedimientos constructivos: fabricación, manejo e hincado y las especificaciones que se deben tener en consideración para que la cimentación cumpla adecuadamente sus funciones.

Por último se muestra la aplicación del sistema de pilotes prefabricados de concreto para la construcción del muelle # 7 en Tampico, Tamaulipas.

C A P I T U L O I

1.1 EVOLUCION DEL TRANSPORTE.

Generalidades sobre los transportes Marítimo, Aéreo y Terrestre.

Es una idea muy generalizada considerar que el transporte por agua es muy económico. Esto se basa fundamentalmente en el hecho de que cuando se navega en el mar o río y si sus condiciones naturales lo permiten, no hay necesidad de construir la vía, eliminándose a su vez el costo de conservación de la misma. Vista la situación en esta forma, sólo le supera la comunicación aérea en la cual tampoco hay necesidad de construir la vía. El transporte aéreo le supera a cualquier otro, por el hecho de que en teoría puede ir a cualquier punto dentro del planeta, con la sólo condición de disponer de terminales. En el transporte por agua solo es factible aprovechar la vía existente constituida por el mar, y en el caso de los ríos siguiendo su trazo natural, y en ambos casos con la sola necesidad de construir las instalaciones terminales. Para el caso de los ferrocarriles y carreteras, hay necesidad de construir y mantener la propia vía de comunicación.

En los cuatro sistemas de transporte antes mencionados se requiere la existencia de un vehículo que sea el elemento transportador, sea de carga ó sea de pasaje.

Los oleoductos, que en sí constituyen una vía de comunicación, no requieren de vehículos para poder transportar los productos líquidos, por lo que el sistema de transporte adquiere gran importancia para servicios específicos.

De lo anterior sugen una serie de consecuencias que nos van delimitando el radio de acción para cada uno de los sistemas de transporte, interviniendo dentro

dentro del costo general de distribución de mercancías en los siguientes factores:

El costo de la vía, el costo de los vehículos, la operación de las terminales y los gastos de mantenimiento.

Diremos que para cada uno de los sistemas de transporte intervienen en distinto grado los factores antes mencionados, siendo fundamental para la definición de radios de acción de cada uno de los sistemas.

La distancia a recorrer, el volumen de mercancías a transportar, el tipo de productos y la densidad económica de dichas mercancías haciéndose extensivo lo anterior al transporte de pasajeros.

Los gastos de terminal de las líneas camioneras son relativamente bajos, no así los costos de operación de los camiones transportistas, ni tampoco los correspondientes a la construcción y mantenimiento de las carreteras; tratándose del transporte por ferrocarril, son inferiores a los del transporte por carretera.

De ello se deduce que para cortas distancias el transporte por carretera resulta ser adecuado y para distancias mayores el transporte por ferrocarril debe resultar más económico.

El transporte aéreo con altos costos de terminal y altos costos de operación, aunado a la capacidad de carga reducida, aún cuando para cierto tipo de productos de alta densidad económica, éste se emplea con suma frecuencia; abatiendo los costos unitarios del transporte, será factible que mayor número de productos, con densidad económica más baja de los que actualmente se mueven por vía aérea sean transportados utilizando este medio de comunicación.

Para cortas distancias nunca será económica la

transportación por agua, salvo en aquellos casos en que al no existir otro medio de transporte, deba emplearse la navegación para distribución de mercancías. Sea por ejemplo el transporte de Mazatlán a La Paz, B.C.S., la distancia por recorrer es muy reducida, los cargos por terminal son elevados y el flete por Ton/Km. resulta ser superior a aquel que se tiene inclusive por carretera para distancias análogas.

Otro aspecto importante o de interés es la capacidad de cada unidad de transporte.

Los camiones tienen un rango de fluctuación bastante pequeña entre 6 y 20 toneladas; para los ferrocarriles con capacidad de 45 a 50 toneladas por carro, varía en límites al formar el convoy, dependiendo del número de carros que sean movidos; el caso del transporte aéreo ya no interesa de aquí en adelante por estar encaminado al transporte de pasajeros; así mismo, el oleoducto no entra en esta discusión por carecer de vehículo.

El caso de la navegación presenta un rango muy variable en la capacidad de carga por cada unidad, ya que se encuentran barcos de carga que sólo transportan 50 Ton., hasta barcos cisterna de reciente construcción que en una sola unidad puede transportar más de 200,000 toneladas.

A medida que la unidad de transporte es de mayor capacidad, el flete unitario por tonelada transportada se abate, siendo sólo necesario que existiera suficiente carga por transportar para poder emplear embarcaciones de gran capacidad.

La razón por la cual los cargos de terminal en los puertos son elevados, se debe a dos causas fundamentales:

La primera es de tipo físico, ya que en lo general es necesario construir una serie de obras para permitir la operación segura del transporte de mercancías entre tierra y mar. Es muy frecuente la necesidad de construir rompeolas y de efectuar grandes dragados para permitir el acceso de las embarcaciones, las que por razones económicas tienden a mayores calados. Las obras de atraque, dependiendo de las características de los productos por moverse ocasionan fuertes inversiones, y el conjunto de servicios en tierra, tales como almacenes, accesos para ferrocarril y camiones, servicios de energía eléctrica, agua potable, contra incendio, drenajes, etc. forman también parte importante de la inversión en la terminal.

El otro aspecto lo constituye la propia operación del puerto que, dependiendo del sistema de manejo de la carga, que a su vez es consecuencia del tipo de mercancías y de la cantidad que de estas se mueva, afecta en forma notable el costo de las maniobras y por ende el de la transportación.

1.2 DESARROLLO PORTUARIO EN MEXICO.

Es interesante observar como se ha transformado la actividad portuaria en México. Puede decirse que antes de la conquista no existía navegación en forma importante, ya que cierta actividad pesquera y de pequeñas comunicaciones costeras que eventualmente se aventuraban a las islas más o menos lejanas, no existía una actividad marítima definida, siendo así que de esa época no hay huella en las costas mexicanas de ninguna instalación portuaria.

Con la llegada de los españoles se generó de inmediato la necesidad de utilizar el mar como vía

de comunicación. Así en la época de la Colonia, surgieron en el Golfo de México los puertos de: Veracruz, como principal comunicación a España, y Campeche, como lugar de importancia para la construcción de barcos, aprovechando las abundantes maderas de la región; y en el oceano Pacífico: Acapulco, San Blas Nayarit, y la Ventosa Oaxaca, (sitio este último donde se construyó el primer faro de América), próxima al actual en Salina Cruz.

En ese entonces, estando los puertos encaminados fundamentalmente a conectar a España con la Nueva tierra conquistada, Veracruz se caracterizó por ser un puerto de exportación de metales preciosos principalmente y en Campeche, además de la industria antes mencionada de construcciones navales, surge la exportación del palo de tinte, producto muy apreciado en aquella época.

Acapulco, se utilizaba para realizar a través de él cierto comercio con Filipinas. Los puertos de la Ventosa y de San Blas, sirvieron como puntos de partida para exploraciones de conquista, convirtiéndose el segundo en Base Naval durante la época de la Colonia.

Llegada la Independencia de México y aunado al desarrollo de los Ferrocarriles, durante la segunda mitad del siglo XIX y a principios del presente, surgen en forma importante los puertos de Tampico y Veracruz, ambos construídos y administrados por compañías ferroviarias. En igual forma se integró el sistema Transísmico Salina Cruz-Coatzacoalcos, cuya efímera vida terminó con la apertura del Canal de Panamá y con la iniciación del movimiento de la Revolución Mexicana. Este sistema vinculado en igual forma a la compañía ferroviaria que operaba en los dos puertos.

El Puerto de Manzanillo, Col., nace bajo circunstancias análogas a principios del presente siglo.

El Puerto de Tampico se desarrolla ligado a la actividad petrolera fundamentalmente; y a principios de este siglo se emplea en forma efectiva la vía de comunicación de navegación interior, al haberse construído el Canal Intracostero entre Tuxpan y Tampico, obra que posteriormente dejó de ser utilizada, pero que hasta la fecha se encuentra en condiciones de ser transitada. Esta vía se empleaba para llevar petróleo de los alrededores de Tuxpan hacia el Puerto de Tampico.

Veracruz continúa con su carácter de ser la puerta, tanto de importación como de exportación, de la zona central de la República, o sea la Ciudad de México y sus alrededores.

Salina Cruz y Coatzacoalcos fueron creados como un sistema para proporcionar servicio de paso de la carga entre los Océanos Pacífico y Atlántico, carga que al encontrar una ruta más económica a través del Canal de Panamá, se desvió en su totalidad siguiendo la nueva trayectoria, por lo que al sistema transistmico, cuya justificación se basaba en economías externas y no en el desarrollo local, después de tener pocos años de verdadero auge, le sobrevino el colapso al grado de no mover absolutamente nada de carga.

Después del Movimiento Revolucionario, ya integrado al sistema ferroviario interior y con el fuerte desarrollo del sistema de carreteras, surgen nuevas necesidades y un nuevo concepto de la función de los puertos.

Se rehabilitan y se amplían los puertos existentes, a saber: Tampico, Veracruz y Coatzacoalcos. Nace el Puerto de Progreso Yucatán, para la exportación del henequén fundamentalmente y miel de abeja a últimas fechas.

En diversos lugares del Golfo de México, surge la actividad pesquera que se desarrolla paulatinamente con inversiones en la iniciativa privada. Tal es el caso del Puerto de Tamiahua en el interior de la Laguna del mismo nombre en Veracruz, de Ciudad del Carmen, y de Lerma en Campeche y de Progreso Yucatán.

El Puerto de Tuxpan, que en distintas épocas ha tenido fuerte movimiento portuario en el renglón de los combustibles haciendo los buques sus operaciones en alta mar, tuvo un intento de convertirse en Puerto Marítimo-Fluvial, al haberse iniciado la construcción de sus escolleras. Este puerto se encuentra localizado en forma de privilegio con respecto a la Ciudad de México, pero carecen de comunicación ferroviaria.

En el oceano Pacífico surgen como Puertos nuevos: Ensenada, B.C.N., La Paz, B.C.S. (cuyo descubrimiento fué hecho por Hernán Cortés), Guaymas, Son. Topolobampo, Sin., Mazatlán, Sin. y Puerto Angel, Oax., evitando Manzanillo, Col., Acapulco, Gro., y Salina Cruz, Oax.

Los Puertos del Noroeste: Ensenada, Guaymas, Mazatlán, La Paz, se caracterizan por su movimiento de productos agrícolas, principalmente algodón y cereales. En esos mismos lugares y agregando el Puerto de Topolobampo, se desarrollan importantes industrias pesqueras. Manzanillo, cuya anterior caracterización de movimiento de manganeso prácticamente ha desaparecido, se convirtió en un fuerte exportador de cereales. Acapulco, con su restricción de las instalaciones portuarias y por contar con comunicación sólo por carretera hacia el Distrito Federal, se caracteriza por el movimiento de productos de exportación y de importancia de muy alta densidad económica, que soportan los fletes

carreteros.

El pequeño Puerto Angel, Oax., cuya única actividad en la exportación es el café, a la fecha prácticamente ha desaparecido, tiende a convertirse en un centro turístico.

Salina Cruz, renace con vida propia al convertirse en el centro de distribución del combustible procedente por oleoducto de la refinera de Minatitlán, envía productos refinados a los Puertos de Acapulco, Manzanillo, Mazatlán, Guaymas, La Paz y en los últimos años a la nueva terminal de Rosarito, B.C., que se encuentra próxima a la Ciudad de Tijuana. En todos los puertos antes mencionados existen instalaciones especializadas para el manejo de combustibles.

Uno de los puertos jóvenes, es el de San Carlos, B.C., en la costa occidental de la Baja California, dentro de la Bahía Magdalena que inició sus operaciones el 10 de enero de 1968, dá servicio al valle agrícola de Santo Domingo, que se encuentra unido a este lugar.

En Salina Cruz también se ha desarrollado la actividad pesquera. La industria turística juega un papel importante en el desarrollo de las economías locales de las ciudades portuarias. Destaca en primer término el puerto de Acapulco, que aparte de recibir yates y dar servicio a pequeñas embarcaciones de pesca deportiva, es terminal de varias líneas de buques de pasaje. Le sigue Puerto Vallarta, Jal., que aún cuando carece de instalaciones portuarias, ya que sólo cuenta con un pequeño muelle para el turismo y se desarrolla a ritmo acelerado en este renglón. En Ensenada, por su cercanía con E.U., la actividad turística ligada al mar cobra importancia. Lo mismo sucede con el Puerto de La Paz y en el de San Felipe,

distante solo 200 km de la Ciudad de Mexicali. En las proximidades de Guaymas y aprovechando la Bahía de San Carlos, se ha creado un pequeño puerto turístico con distintos servicios para los yates que lo visitan.

En Guaymas y Mazatlán existen servicios para el turismo, principalmente encaminados a la pesca deportiva, con pequeñas instalaciones portuarias. En los demás puertos existen alguna actividad turística, aún cuando en forma incipiente aprovechando las múltiples playas como balnearios y centros de distracción.

La actividad turística en el Golfo de México es bastante raquítica. Puede decirse que existe y de poca importancia en el Puerto de Veracruz, y ahí solo hasta el Caribe, donde se encuentran: Puerto Juárez, Isla Mujeres e Isla Cozumel, que son lugares con atractivos naturales únicos en el país, debido a lo cual se han desarrollado a últimas fechas como centros turísticos, aún cuando la actividad marítima en sí cruza por una etapa de incipiente desarrollo.

Los puertos que el país necesitará en un futuro próximo, son en el sur de Baja California próximo a San José del Cabo estudiándose la posibilidad de construir un pequeño puerto para dar servicio a esa región y que no se vean obligados a transportar sus productos hasta el Puerto de La Paz. Las características de este nuevo puerto serán las de un pequeño puerto pesquero y de pequeño cabotaje.

En Puerto Escondido, B.C., lugar próximo a la población de Loreto, B.C., se tiene construido un muelle para recibir embarcaciones de mediano porte, cuya operación consiste en dar servicio local a los alrededores de la Ciudad de Loreto y parte del municipio de Comondú; esta situación se presentará a corto plazo,

ya que la carretera que une a este pequeño puerto con la Ciudad de Loreto y Santa Rosalía al norte, ya se encuentra pavimentada.

Santa Rosalía, construido a fines del siglo pasado, fué un puerto minero de importancia. Actualmente mantiene esa actividad a baja escala.

El Puerto de Topolobampo, que hasta la fecha sólo es pesquero, tiene un brillante porvenir por estar ubicado inmediato a una de las zonas agrícolas de mayor desarrollo de la República como lo es el Valle del Fuerte, en la zona costera tiene comunicación por carretera y por ferrocarril y además es la terminal del ferrocarril Chihuahua-Pacífico. Su desarrollo se había visto frenado por la existencia de una gran barra, que solo permitía el acceso de embarcaciones con calado menor de 3.5 m., en la actualidad y a base de un dragado a través de dicha barra, se dispone de un canal que ya alcanza la profundidad de 6.0 m. Esta nueva situación ha dado lugar que el Puerto de Topolobampo sea visitado en forma sistemática por embarcaciones de mediano porte.

Bajo esta condición el Puerto de Topolobampo se aproxima a una nueva etapa en su desarrollo y, en la medida en que disponga de servicios portuarios, podrá proporcionar una ayuda más al desarrollo de su hinterland inmediato.

Como otro nuevo puerto puede también considerarse la ampliación de Manzanillo, que aprovecha la Laguna de San Pedrito. En este sitio se han construido nuevas instalaciones de atraque, en la medida en que la demanda de servicios portuarios se ha incrementado. Antes de la ampliación que empezó a operar en 1971, hasta decir que el algodón producido en el Valle de Apatzingán,

Mich., que por razones geográficas debiera exportarse por el Puerto de Manzanillo, se veía obligado a moverse a través del Puerto de Mazatlán, con un flete mayor, con detrimento de las utilidades del producto. Todo ello debido única y exclusivamente a la falta de instalaciones portuarias en el Puerto de Manzanillo. Si tuación análoga se presentaba con la exportación del maíz, que por la incapacidad del puerto tenía que moverse por otros lugares con transportes terrestres sumamente costosos.

Se ha iniciado ya en firme las obras de otro nuevo puerto en la zona del Bajo Balsas, que previo análisis de diversos lugares, fué localizado en un sitio que conjunta la presencia de una de las bocas del río Balsas con una fosa submarina inmediata, pudiéndose desarrollar con baja inversión una primera etapa del puerto, para permitir el desarrollo pesquero que ya se ha iniciado, el acceso de materiales de construcción para las obras más importantes que se realizan en la región, y la posibilidad de acceso a la vía marítima de la importante zona agrícola que constituye el Valle de Apatzingán.

Ante el aprovechamiento de los yacimientos ferríferos de las truchas, este Puerto "Lázaro Cárdenas" del Bajo Balsas, cobrará gran importancia, sobre todo al quedar comunicado por vía ferroviaria.

El Puerto de Acapulco que es desde un punto de vista geográfico, la salida lógica hacia el océano Pacífico de la Ciudad de México y sus alrededores, tiene actualmente, bajo el aspecto portuario, un desarrollo que no va de acuerdo con las necesidades de servicio que plantea la zona central.

El actual puerto no podrá ampliarse en forma

importante en el lugar donde actualmente se ubica, dentro de la Bahía de Acapulco, por la interferencia en el lugar y, por lo tanto, este puerto será dedicado a futuro exclusivamente a la atención de barcos de pasajeros, de yates y de embarcaciones de recreo.

Se tiene en estudio la zona de la costa del Estado de Chiapas para definir el proyecto completo de un nuevo puerto en esa zona. Los estudios de campo fueron terminados; actualmente se estudia en modelo reducido para definir la disposición de las obras exteriores y prever los posibles problemas que puedan surgir al alterarse el régimen litoral. Una vez definidas las obras y conocidos sus costos, podría avocarse el estudio correspondiente en su justificación económica.

Ligado al servicio de distribución de mercancías en la parte norte del Estado de Tamaulipas, con conexiones a Estados Unidos y a las Ciudades de Matamoros, Soto La Marina, Tampico, Tamiahua y Tuxpan, se estudia la posibilidad de construir un Canal Intracostero en el Golfo, que aprovecharía las lagunas interiores que se desarrollan paralelas a la costa.

El Puerto de Tuxpan, por su cercanía a la Ciudad de México y una vez conectado por ferrocarril, deberá convertirse en una importante terminal marítima de la Ciudad de México y del Canal Intracostero.

En la zona del sureste existe un conjunto de ríos que son navegables en condiciones naturales para embarcaciones reducidas; pero salvo el río Coatzacoalcos, ninguna de ellas tiene una comunicación franca hacia el mar, por la presencia de grandes barras que sólo pueden ser eliminadas mediante la construcción de costosas escolleras para cada caso. De-

ahí surge la idea de conectar todo el sistema de ríos construyendo un Canal Intracostero que constituya la vía de comunicación interior entre la Laguna de Términos y el Río Coatzacoalcos, aprovechando la zona paralela al mar donde abundan lagunas profundas y zonas bajas. Esta obra podrá conectar con el Puerto de Coatzacoalcos, de gran desarrollo industrial y adecuados servicios portuarios, el Sur de Veracruz y los Estados de Tabasco y Campeche, a un costo sumamente bajo y dado la posibilidad de integrar un sistema de navegación interior de gran importancia que permita aprovechar la riqueza de esa zona.

El 15 de Diciembre de 1969, entró en operación otro puerto nuevo, el de Yukalpetén, cuya función consiste en crear refugio para las embarcaciones pesqueras que operaban antes en Progreso, permitiéndole el incremento de la industria pesquera que como es sabido constituye una importante fuente de trabajo y también proporcionar una terminal para servicios turísticos.

Por último, otro lugar donde puede desarrollarse un puerto importante en el mar Caribe, es Playa del Carmen, Q. R., localizada frente a la Isla Cozumel. Este sitio tiene una profundidad de 10 m., a 400 m. de la costa y está protegido por la propia Isla Cozumel. Desde este sitio hasta Coatzacoalcos, Ver., no existe un solo lugar que en forma natural y a costos razonables pueda permitir el acceso a embarcaciones de 10 m. de calado. Por otro lado su posición geográfica lo coloca frente a las rutas marítimas de pasajeros que con mucha frecuencia transitan entre la costa Este de Estados Unidos y las Islas del Caribe. Esta corriente turística totalmente establecida, podría

hacer escala en Playa del Carmen aprovechando a su vez los grandes atractivos de la Península de Yucatán. Por otro lado este puerto daría servicio al Estado de Quintana Roo y a parte importante del Estado de Yucatán.

En las tablas 1.2.1 y 1.2.2 se resume el movimiento anual de carga de altura y cabotaje en los puertos mexicanos.

1.3 CARACTERISTICAS PORTUARIAS

A continuación se exponen algunos criterios de clasificación de puertos.

1.3.1 Por la naturaleza de la protección de las instalaciones:

a) Se consideran Puertos Naturales, si la configuración física de la costa, proporciona una adecuada protección a las instalaciones portuarias de la acción del oleaje, y si existen las profundidades necesarias para permitir la navegación de las embarcaciones. Los puertos naturales se establecen en bahías y estuarios.

b) Puertos Artificiales, son aquellos en que es necesario construir las obras de protección (rompeolas o escolleras); los dragados y los rellenos para las áreas de desarrollo terrestre de las instalaciones.

Dentro de los parámetros extremos de las condiciones del lugar, un puerto será artificial en mayor o menor grado, ya que casi siempre habrá necesidad de realizar algunos trabajos para adecuar el lugar a los requerimientos que impongan la naturaleza de las actividades a que será dedicado, sin embargo cuando se habla de artificialidad en un puerto, casi siempre se refiere a la protección que dan las obras

PUERTO	AL T U R A		C A B O T A J E	
	IMPORTACION	EXPORTACION	ENTRADA	SALIDA

B. C. N.

Ensenada	70 898	7 694	899 757	31 172
Isla de Cedros	35	4 120 628	4 212 745	2 986
Rosarito			1 478 697	

B. C. S.

San Carlos		15 141	22 208	83 294
Cabo San Lucas			36 105	30 602
La Paz		1 940	691 373	275 367
San Juan de la Costa				308 459
San Marcos	14 627	1 692 189		12 727

SONORA

Guaymas	1 110 251	402 120	2 711 015	936 383
---------	-----------	---------	-----------	---------

SINALOA

Topolobampo			934 219	131 607
Mazatlán	739 719	39 776	1 787 069	217 262

JALISCO

Puerto Vallarta			30 871	36 580
-----------------	--	--	--------	--------

COLIMA

Manzanillo	794 877	76 613	2 560 954	596 262
------------	---------	--------	-----------	---------

MICHUACAN

Lázaro Cárdenas	343 485	385 392	548 427	20 591
-----------------	---------	---------	---------	--------

GUERRERO

Acapulco	41 879	14 042	357 281	180
----------	--------	--------	---------	-----

OAXACA

Salina Cruz	22 400	5 705 275	158 133	6 331 160
-------------	--------	-----------	---------	-----------

P U E R T O	A L T U R A		C A B O T A J E	
	IMPORTACION	EXPORTACION	ENTRADA	SALIDA
TAMAULIPAS				
Tampico	2 249 335	2 986 298	1 304 428	2 583 694
TABASCO				
Dos Bocas		16 781 823	302 068	1 029 244
Frontera		1 340		1 334
CAMPECHE				
Ciudad del Carmen			112 332	64 650
Campeche			999 354	
YUCATAN				
Progreso	369 546	6 128	86	
Yucalpetén	4 185			
QUINTANA ROO				
Cozumel	115		128 245	47 127
Puerto Morelos	221		50 477	110 183
Isla Mujeres	262	459		
<hr/>				
T O T A L	5 761 835	32 236 858	19 325 844	12 850 864

TABLA 1.2.1 MOVIMIENTO PORTUARIO DE CARGA EN TONELADAS, AÑO 1983.

PUERTOS Y LUGARES CON INFRAESTRUCTURA DE ATRAQUE

PUERTO Y/O LUGAR

ACTIVIDADES

Ensenada, B. C.	Pesquero, Comercial, Turístico y Militar.
El Sauzal, B.C.	Pesquero
San Felipe, B.C.	Pesquero
Rosarito, B.C.	Comercial
Chaparrito, B.C.S.	Comercial y Pesquero
A.López Mateos, B.C.S.	Comercial
San Carlos, B.C.S.	Pesquero, Comercial y Turístico.
Pichilingue	Pesquero, Comercial y Turístico.
La Paz, B.C.S.	Pesquero, Comercial y Turístico. y Militar.
San Juan de la Costa	Pesquero
Puerto Escondido, B.C.S.	Pesquero y Turístico.
Loreto, B.C.S.	Pesquero y Turístico
Isla San Marcos, B.C.S.	Comercial y Turístico.
Santa Rosalía, B.C.S.	Pesquero, Comercial y Turístico.
Puerto Peñasco, Son.	Pesquero y Comercial.
Yavaros, Son.	Pesquero.
San Carlos, Son.	Turístico.
Guaymas, Son.	Pesquero, Comercial, Turístico y Militar.
Topolobampo, Sin.	Pesquero, Comercial y Turístico.
Mazatlán, Sin.	Pesquero, Comercial, Turístico y Militar.
Mexcatitlán, Nay.	Pesquero, Comercial, Turístico y Militar.
San Blas, Nay.	Pesquero y Turístico.
Chacala, Nay.	Pesquero.
Cruz de Huanacastle, Nay.	Pesquero
Puerto Vallarta, Jal.	Comercial y Turístico.

PUERTO Y/O LUGAR

ACTIVIDADES

Lago de Chapala, Jal.	Pesquero
Barra de Navidad, Jal.	Pesquero
Manzanillo, Col.	Pesquero, Comercial, Turístico y Militar.
Las Hadas, Col.	Turístico
Lázaro Cárdenas, Mich.	Pesquero, Industrial y Comercial
Lago de Pátzcuaro, Mich.	Pesquero
Ixtapa-Zihuatanejo, Gro.	Turístico.
Zihuatanejo, Gro.	Pesquero y Turístico.
Acapulco, Gro.	Pesquero, Comercial, Turístico y Militar.
Pto. Escondido, Oax.	Pesquero
Puerto Angel, Oax.	Comercial
Salina Cruz, Oax.	Pesquero, Comercial y Militar.
Puerto Madero, Chis.	Pesquero, Comercial y Militar.
El Mezquital, Tamps.	Pesquero
La Pesca, Tamps.	Pesquero
Altamira, Tamps.	Industrial.
Tampico, Tamps.	Pesquero, Comercial y Militar.
Isla Lobos, Ver.	Comercial.
Tamiahua, Ver.	Pesquero, Comercial y Turístico.
Tuxpan, Ver.	Pesquero, Comercial y Turístico.
Cazones, Ver.	Pesquero y Comercial.
Tecolutla, Ver.	Pesquero y Comercial.
Nautla, Ver.	Pesquero, Comercial y Turístico.
Veracruz, Ver.	Pesquero, Comercial, Turístico y Militar.
Antón Lizardo, Ver.	Militar.
Alvarado, Ver.	Pesquero
Catenaco, Ver.	Pesquero
Coatzacoalcos, Ver.	Pesquero, Comercial y Turístico.

PUERTO Y/O LUGAR

ACTIVIDADES

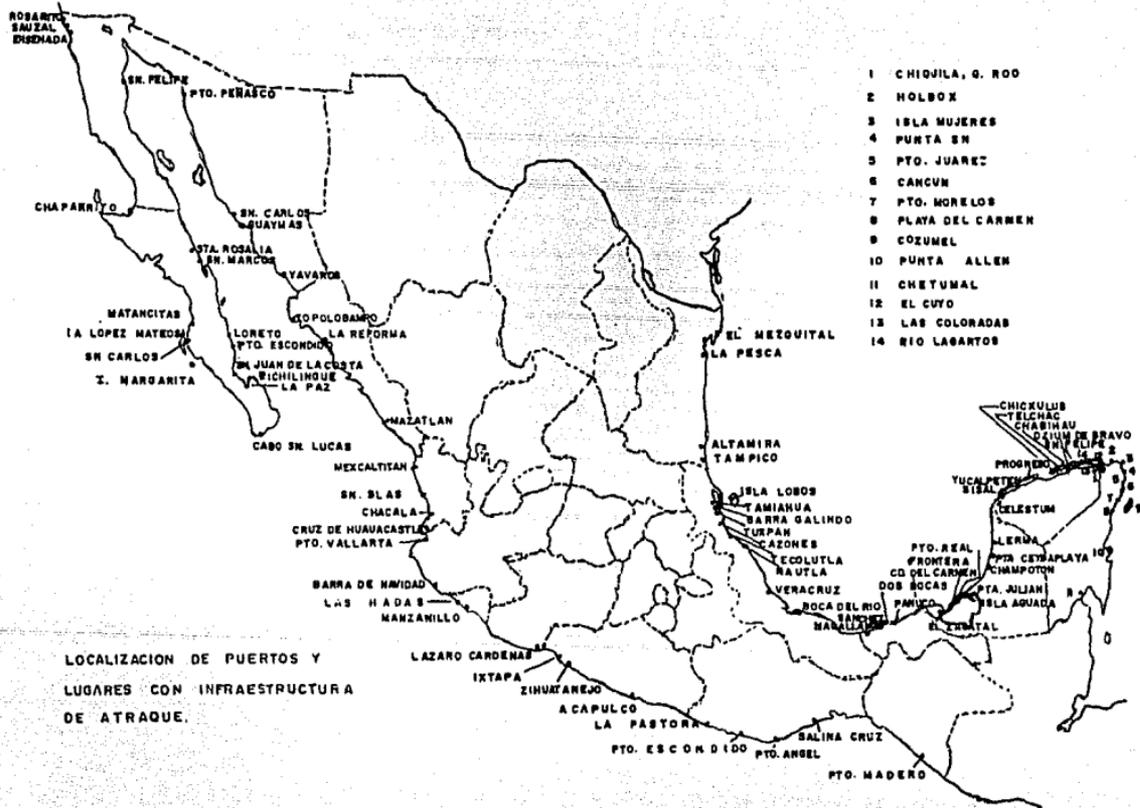
Pajaritos, Ver.	Comercial
Nanchital, Ver.	Comercial.
Minatitlán, Ver.	Comercial.
Sanchez Magallanes, Tab.	Pesquero
Paraíso, Tab.	Pesquero
Dos Bocas, Tab.	Comercial.
Frontera, Tab.	Pesquero y Comercial.
Jonuta, Tab.	Comercial.
Villahermosa, Tab.	Comercial
El Zacatal, Camp.	Comercial.
Od. del Carmen, Camp.	Pesquero, Comercial y Militar.
Punta San Julián.	Comercial.
Puerto Real, Camp.	Comercial.
Isla Aguada, Camp.	Pesquero y Comercial.
Champotón, Camp.	Pesquero.
Ceybaplaya, Camp.	Pesquero
Campeche, Camp.	Pesquero, Comercial y Turístico.
Celestún, Yuc.	Pesquero
El Sizal, Yuc.	Pesquero
Yukalpetén, Yuc.	Pesquero, Turístico y Militar.
Progreso, Yuc.	Comercial.
Chicxulub, Yuc.	Pesquero
Chabihau, Yuc.	Pesquero
San Crisanto, yuc.	Pesquero
Dzilam de Bravo, yuc.	Pesquero
San Felipe, yuc.	Pesquero
Río Lagartos, yuc.	Pesquero
Las Coloradas, Yuc.	Comercial
El Cuyo, Yuc.	Pesquero
Chiquila, Q. R.	Pesquero

PUERTO Y/O LUGAR

ACTIVIDADES

Holbox, Q.Roo.	Pesquero
Isla Mujeres, Q.R.	Comercial, Turístico y Militar
Punta Sam, Q.R.	Comercial.
Puerto Juárez, Q.R.	Comercial.
Cancún, Q.R.	Turístico.
Puerto Morelos, Q.R.	Comercial.
Playa del Carmen, Q.R.	Comercial.
Cozumel, Q.R.	Comercial y Turístico.
Punta Allen, Q.R.	Comercial.
Chetumal, Q.R.	Comercial y Turístico.

TABLA 1.2.2 PUERTOS Y LUGARES CON INFRAESTRUCTURA DE ATRAQUE.



LOCALIZACION DE PUERTOS Y
LUGARES CON INFRAESTRUCTURA
DE ATAQUE.

- 1 CHIQUILA, Q. ROO
- 2 HOLBOX
- 3 ISLA MUJERES
- 4 PUNTA SN
- 5 PTO. JUAREZ
- 6 CANCUN
- 7 PTO. MORELOS
- 8 PLAYA DEL CARMEN
- 9 COZUMEL
- 10 PUNTA ALLEN
- 11 CNETUMAL
- 12 EL CUYO
- 13 LAS COLORADAS
- 14 RIO LABANTOS

exteriores.

1.3.2 Por el flujo de las corrientes marítimas y las mareas podemos clasificarlos como:

a) Puertos Abiertos, son aquellos que reciben la influencia de las mareas y las corrientes marítimas.

b) Puertos Cerrados, son aquellos que no reciben el flujo de las mareas por cerrarse con esclusas que solo se abren durante tiempos en los cuales las mareas son superiores a cierto nivel.

1.3.3 Por su situación en las costas y ríos:

a) Puertos Marítimos, son aquellos que están localizados en las costas, protegidos artificialmente o en forma natural del influjo directo del oleaje y de las corrientes marinas, como Vancouver en Canadá; Mazatlán en México; que son puertos protegidos artificialmente y Guaymas y Acapulco, también en México, protegidos en forma natural.

b) Puertos Interiores, son aquellos que se construyen en la ribera de un río, cerca de la desembocadura al mar. Los puertos interiores también llamados fluviales, se localizan en la margen de un lago y se les denomina lacustres, como Duluth en el Lago Superior y Cleveland en el Lago Erie.

1.3.4 Por la naturaleza de sus actividades:

a) Puertos comerciales, son aquellos donde el puerto se vé como una terminal donde se dá el intercambio de mercancías que han sido movidas por otros modos de transporte.

b) Puertos Industriales, son aquellos que a través de sus instalaciones sirven a las industrias establecidas y que los aprovechan para mover grandes volúmenes de materias primas, insumos, o sus productos manufacturados con destino a países menos desarrollados.

c) Puertos Pesqueros, son aquellos en los que la actividad portuaria fundamentalmente es la pesca, complementada con plantas industriales que procesen o congelen sus productos capturados en el mar, tal es el caso de los desarrollos pesqueros de Puerto Peñasco y Guaymas en el Estado de Sonora.

d) Puertos Turísticos, son aquellos en que la actividad turística ligada con el mar es la preponderante, tal es el caso de Puerto Vallarta, Jal., Cabo San Lucas, B.C.

e) Puertos petroleros, son aquellos que reciben o envían crudo o derivados para que sean transformados o distribuidos en una zona de influencia. Desde Salina Cruz se distribuyen derivados de petróleo a los Puertos del Pacífico donde existen instalaciones especializadas de recepción y almacenamiento, como en Mazatlán, Sin. y Guaymas. Son.

f) Puertos Mineros, como la Isla de San Marcos, B.C.S., donde se mueve yeso, Guerrero Negro, B.C. e Isla de Cedros, B.C., a través de los cuales se exporta sal a los puertos japoneses.

g) Puertos Graneleros, son aquellos cuya actividad fundamentalmente se desarrolla alrededor de las instalaciones tanto para el almacenamiento como para el manejo de granos.

h) Puertos Militares, son aquellos que se designan a actividades militares, como es el caso de la Base Naval de San Diego, Cal.

1.3.5 Por el tráfico de las embarcaciones tenemos:

a) Tráfico de Altura, es aquel que realiza el movimiento de carga entre puertos de diferentes países, como un ejemplo de ésto, tenemos el que existe entre los Puertos de Manzanillo y Japón.

b) Tráfico de Cabotaje, es aquel mediante el cual se realiza el movimiento de carga nacional entre puertos localizados en el mismo litoral, un ejemplo de ésto es Mazatlán - Guaymas.

c) Tráfico de Gran Cabotaje, es aquel mediante el cual se realiza el movimiento de carga entre puertos de un mismo país situados en diferentes litorales un ejemplo es Manzanillo - Veracruz.

C A P I T U L O I I

ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PUERTO

2.1 OBRAS EXTERIORES

Las obras exteriores reciben el nombre según su ubicación y su función es:

a) Permitir la disipación de la energía del oleaje, proporcionando las áreas de calma necesarias para que las embarcaciones puedan realizar con facilidad sus maniobras de carga y/o descarga de las mercancías.

b) Impedir el paso de los sólidos a las áreas de agua protegidas manteniendo las profundidades al evitar el azolve de los fondos.

Lo que corresponde a obras exteriores está integrada principalmente por rompeolas o escolleras. La diferencia de éstos radica en que si se construye en la desembocadura de un río, recibe el nombre de escollera, pero si se construyen en mar abierto para dar la protección necesaria reciben el nombre de rompeolas.

El rompeolas es una estructura construida con la finalidad principal de formar un puerto artificial que nos proporcione una dársena de maniobras suficiente para llevar a cabo con seguridad las maniobras de las embarcaciones durante su acomodo en el puerto.

En ocasiones el rompeolas no forma en sí el puerto, sino que sólo protege la entrada, de manera que los barcos puedan sustraerse a los violentos embates de las tormentas durante su entrada o mientras esperan turno para entrar a diques.

Un dique constituye una dársena de maniobras para los navíos, pero se constituye a base de dragar tierra adentro y lograr la estabilidad de taludes con estructuras generalmente masivos, con una esclusa

para la entrada y salida de las embarcaciones.

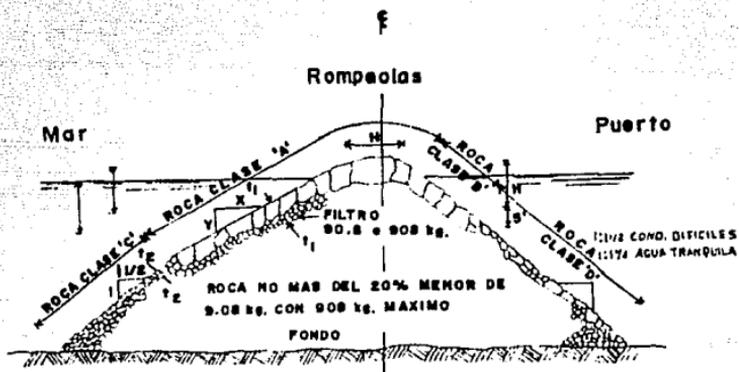
El 95% de los rompeolas que se han construido en el mundo han sido a base de roca natural, concreto o una combinación de ambos. Los taludes son de: roca natural, bloques de concreto, una combinación de roca y bloques de concreto y/o elementos semejantes.

La mayoría de los rompeolas proporcionan protección, pero en ocasiones se construyen con la finalidad adicional de ser parte del muelle, o como base de un camino.

El propósito principal del rompeolas es proporcionar protección contra el oleaje, es obvio que los efectos de éste son de primordial importancia para su análisis. Otros factores importantes para el diseño del rompeolas son la profundidad del agua y las características del fondo, así como la acción de las olas sobre la estructura construida para absorber la energía de éstas. Siendo estas estructuras de gravedad, en la mayoría de los casos va a depender del peso para su estabilidad. La altura del rompeolas estará definida por varios factores tales como: profundidad de desplante condiciones de oleaje y la finalidad de la obra.

En las figuras 2.1.1 y 2.1.2, se presentan dos tipos de rompeolas cuyo uso ha sido muy común.

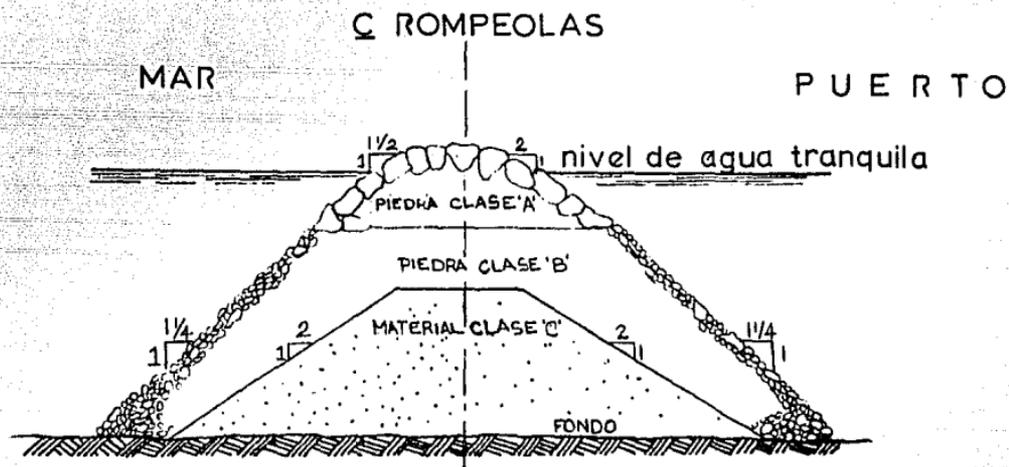
Cuando los puertos no son naturales, entonces su localización, extensión y altura dependerán de factores tales como la dirección del máximo oleaje, la configuración de la línea de la costa y el tamaño del puertodd que se desee construir, el cual estará en función a su vez del conocimiento anticipado del tráfico que tendrá la terminal así como el tipo de actividades a la que esté destinada para que no se restrinja en su desarrollo futuro con obstáculos difíci-



Dimensiones en ft

ALTURA DE OLA		PENDIENTE		R O C A							
H	X	Y	CLASE 'A'		CLASE 'B'		CLASE 'C'		CLASE 'D'		
			TAMAÑO - TON	t ₁	TAMAÑO - TON	t ₂	TAMAÑO - TON	TAMAÑO - TON			
1-5	1 1/2	1	2	3	2	3	2	2			
6-10	2	1	4	4	4	4	2-4	2			
11-15	2 1/2	1	7	5	5	4	2-6	2-4			
16-20	3	1	16	6	10	5	2-8	2-6			
21-25	3 1/2	1	23	7	15	9	2-10	2-6			

Fig. 2.1.1 Rompeolas



Piedra clase 'A'

Se selecciona con piezas no menores de 1 ton y al menos el 95% en peso de 10 ton.

Hierro clase 'B'

De cantera con no más del 25% en peso de piezas menores de 9.08kN y no menos del 40% de piezas de 1 ton, o más.

Material clase 'C'

Es un residuo de cantera o material de desecho.

fig 2.1.2 ROMPEOLAS

les de remover.

La protección puede consistir de dos enrocamientos convergentes o bien de uno solo, más o menos paralelo a la costa y separado de ésta, para formar dos accesos al puerto, o bien estar unido a tierra por un extremo para tener una sola entrada, formando una escuadra amplia.

El alineamiento de la obra de protección puede ser recto o curvo y la selección del mejor arreglo dependerá principalmente de su efectividad para minimizar la energía del oleaje y que proporcione la calma necesaria, lo cual podrá comprobarse con un modelo reducido.

Cuando se tienen dos escolleras, casi siempre se construyen convergentes, para achiflonar la corriente y así incrementar la velocidad de los flujos de agua, con lo cual se evita que los materiales en suspensión (limos y arcillas), se depositen en el canal de acceso.

Un rompeolas con un solo brazo se construye en costas donde el oleaje predominante tiene una sola dirección o en lugares de la costa en que su configuración permite construirlo en esa forma. Su altura será de 1.5 Ho., siendo Ho la altura máxima de la ola.

2.2 AREAS DE NAVEGACION

Las áreas de navegación son los espacios requeridos para los buques para efectuar tanto sus operaciones como sus maniobras.

Las áreas de navegación son:

- a) El o los canales de acceso al puerto.
- b) El antepuerto donde las embarcaciones esperan muelles y en ocasiones realizan maniobras de descarga a otras para que éstas la trasladen a tierra firme, operación llamada también alijo y para lo cual es

conveniente contar con boyas de amarre.

c) Las dársenas de ciaboga es donde las embarcaciones realizan sus maniobras para atracar o desatracar en los muelles.

Las dársenas de operación son aquellas en las cuales las embarcaciones realizan amarradas a los muelles, las maniobras de carga y/o descarga.

Las áreas de navegación deben tener cierta profundidad y dimensiones para permitir la navegación y las maniobras de las embarcaciones que concurren en ese puerto.

El canal de acceso debe estar de preferencia en uno de los extremos del puerto debido a que de ese modo el barco podrá arribar a plena marcha y tener, ya en aguas calmadas, el espacio necesario para disminuir su carrera. La salida es diferente, ya que generalmente sale enfilado y a toda máquina y los espacios de agua no están tan limitados como en la entrada.

Por lo que hace a las profundidades que deben tener las diferentes áreas de agua, estarán en función del calado de las embarcaciones que hagan uso de las dársenas, tales como los mercantes, los pesqueros, yates, etc., así como de condiciones tales como la altura del oleaje y la agitación que se produzca dentro de la zona protegida cuya determinación se hará a partir de un modelo reducido.

Para la determinación de la profundidad de las áreas de navegación se dará en base a la experiencia previa que se tenga para casos similares. Las profundidades a dar y la amplitud de las áreas de navegación en mucho dependerán de los volúmenes y características de las embarcaciones más probables que arribarán al puerto. Las áreas de navegación no tendrán una

profundidad uniforme debido a que las embarcaciones que harán uso del puerto, no tendrán las mismas características; así si los buques son petroleros o graneleros los calados serán mayores que si los barcos son pesqueros, incluso las profundidades que requieren éstos, serán diferentes según el tipo de embarcación, bien que ésta sea para pesca costera, como lo son los camareros (3 a 4 m), o para pesca de altura como lo son las atuneras (6 a 8 m).

Por lo que respecta al canal de acceso, no deberá ser más ancho que lo necesario para proporcionar una navegación segura y evitar corrientes peligrosas cuando la marea suba o baje, y es conveniente que sea proporcional el tamaño de la dársena y los barcos que lo vayan a usar así en general, los siguientes anchos deben satisfacer los requerimientos de cada tipo de puerto.

- | | |
|---------------------|------------------|
| a) Puertos Pequeños | A = 60 a 90 m. |
| b) Puertos medianos | A = 120 a 150 m. |
| c) Puertos Grandes | A = 150 a 240 m. |

El ancho del canal se mide en la plantilla y se consideran adicionalmente las bermas de seguridad para que los taludes de los rompeolas no fallen, los cuales pueden ser de 1:3 cuando se trata de fondos arenosos. En la práctica los taludes responderán a los estudios de Mecánica de Suelos (círculo de falla), así como las velocidades que generan las corrientes marítimas por el efecto de la bajada y la subida del nivel de agua de mar, que podría erosionar el fondo del canal o las bermas, acarreando el material sólido a las áreas de navegación.

Es importante para el diseñador examinar cuidadosamente como deberán darse las profundidades, ya que en algunos puntos donde la variación de mareas es

de consideración, los barcos llegan vacíos y parten cargados como sucede en las terminales de minerales o de cereales. La profundidad en el canal de navegación puede ser reducida a un mínimo únicamente para facilitar el acceso de los buques en lastre y excavar en las dársenas para que los barcos operen a plena carga y la salida la hagan cuando se presentan mareas altas; de este modo habrá una notable reducción en las profundidades a dar en los puertos y por ende, los volúmenes de dragado.

Los puertos localizados en zonas donde hay un amplio rango de mareas, éstas tienen una notable influencia en la profundidad que se dará en los canales de acceso a los puertos y en las dársenas de operación.

Las profundidades de las áreas de navegación se incrementarán en 1.0 metros en las dársenas de ciaboga y los canales, para que cuando los buques más grandes que arriben al puerto, realicen sus maniobras de atraque o desatraque a plena carga, por el cabeceo que les pueda imprimir el oleaje, no toquen fondo. Algunos autores consideran que 1.2 m. es lo adecuado cuando los fondos son suaves y 1.80 m. cuando el fondo es rocoso.

Finalmente, es conveniente consignar que cuando las embarcaciones que hagan uso de un puerto sean de gran porte (buques graneleros y buques tanque) y por lo tanto de gran calado, y las variaciones en el rango de marea sobrepasan los 4.50 m., la solución para sus maniobras puede ser una boya anclada en el mar a la cual se amarren para efectuar los trabajos de transbordo.

2.3 MUELLES

En general la disposición y geometría de los muelles puede ser de la forma más variada y debe

definirse en función de las condiciones del área abrigada, del frente de agua disponible, así como de las características físicas de las mercancías.

Según su localización, existen por lo general los siguientes tipos de estructuras de atraque:

a) Muelle Marginal.

Los muelles marginales se construyen en puertos fluviales en donde es probable que no sea económico ampliar más el río en su sección transversal, para dar la ciaboga de los buques.

Estos son construídos paralelos a la costa, o a la margen de un río, generalmente conectado en toda su longitud a las instalaciones de tierra.

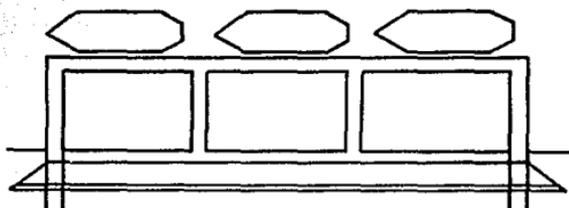
Esta estructura continúa, normalmente del mismo ancho en toda su longitud, y el espacio de margen o costa que ocupa es igual a su longitud, permitiendo a las embarcaciones hacer contacto en la mayor parte de su costado siendo el atraque de las embarcaciones longitudinal y una a continuación de otra, dejando entre ellos el espacio de seguridad en la maniobra.

En México, se tienen muelles marginales en los puertos de Tampico, Coatzacoalcos y Mazatlán.

b) Muelles Normales a la Costa.

Es la instalación perpendicular o esviada con respecto a la línea de la costa, que permite el atraque simultáneo de dos embarcaciones como mínimo.

A los muelles normales a la costa también suele denominárseles "en espigón" puesto que su localización es de esta forma, aunque la función es diferente por estar construído a base de enrocamientos y costales rellenos de cemento y tener por objeto detener los arrastres litorales para evitar que azolven las zonas de operación.



PLANTA

Fig. 2.3.a.1 Muelle Marginal

PLANTA

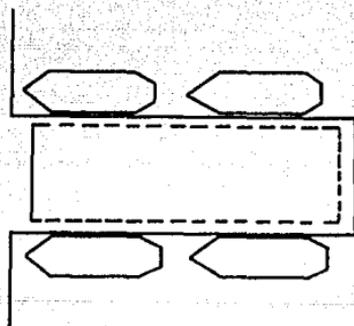


Fig. 2.3.b.1 Muelle en Espigón

Es más económica su construcción que el marginal, pues permite un mayor número de muelles en una longitud menor de costa y el dragado y servicios se reducen notablemente.

Como un ejemplo de éstos, se encuentran localizados dentro de puertos mexicanos, como es el caso de algunos muelles de Veracruz, y el antiguo muelle de Manzanillo.

En las figuras 2.3.a.1 y 2.3.b.1, tenemos ejemplos de los muelles antes mencionados.

c) Muelle en "T".

Este tipo de estructura es una variante de un muelle marginal, en el cual la plataforma o cabeza del muelle, es llevada a la profundidad necesaria en forma paralela a la costa, uniendola a tierra mediante una pasarela normalmente al centro de la plataforma.

Se han construido muelles en "T" en San Blas, Nay., para facilitar la operación del dique flotante; así como el que fué construido en San Carlos, B. C. S., para el manejo de granos, asociado a una bodega mecanizada.

En la figura 2.3.c.1 tenemos un ejemplo de este tipo de muelle.

d) Muelle en "L".

Es una variante del muelle en "T" en el cual la pasarela en vez de conectar en el centro de la plataforma, lo hace en uno de sus extremos. Lo dicho por un muelle en "T" es válido para el tipo "L".

Cuando en la costa no se tienen las condiciones adecuadas para la cimentación o bien, cuando se requieren de dragados excesivos para obtener la profundidad necesaria del agua, será necesario ubicar el muelle a la distancia necesaria del agua y unirlo a tierra

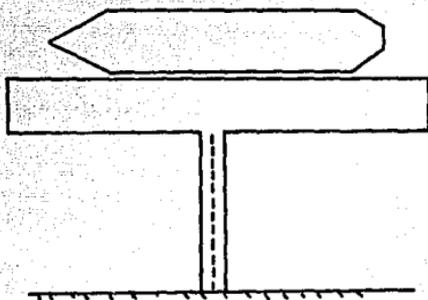


Fig. 2.3.c.l. Muelle en 'T' (vista en planta)

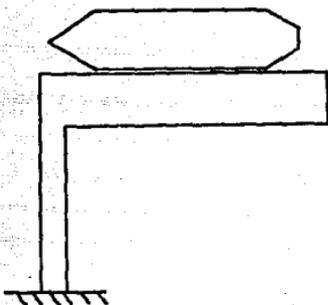


Fig. 2.3.d.l. Muelle en 'L' (vista en planta)

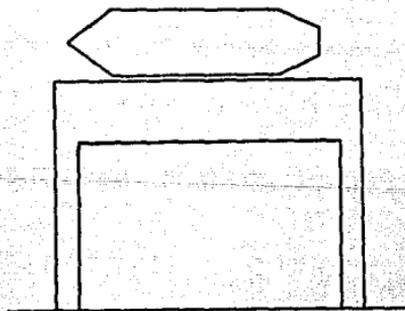


Fig. 2.3.e.l. Muelle en 'U' (vista en planta)

por medio de una pasarela de acceso. Se acostumbra a denominar a este tipo de muelle en "L" o en "T".

En la figura 2.3.d.1 tenemos un ejemplo de este tipo.

e) Muelle en "U".

Hay muelles en forma de "U" como los construídos en Puerto Peñasco, Son., para facilitar la circulación de los vehículos sobre las plataformas de trabajo toda vez que la plataforma de operaciones debe construirse separada de la costa por las razones anotadas en el inciso c, y la fuerte variación de las mareas.

En la figura 2.3.e.1 tenemos un ejemplo de este tipo de muelle en "U".

2.4 DEFENSAS.

Las defensas son elementos que evitan que el barco y las estructuras sufran daño por la agitación que pudiera haber en la dársena o bahía; de otro modo, son los elementos que evitan que el barco esté en constante choque o roce directo con las estructuras de atraque.

En la práctica se tienen los siguientes tipos de defensas:

a) Defensas Fijas.

Para este tipo de defensas, los elementos flexibles fijos en la pantalla de atraque absorben energía al deformarse durante el impacto. Las más comunes existen de grandes masas de hule y un ejemplo de ésto es la figura 2.4.a.

b) Defensas Colgantes.

Estas pueden constar de piezas colgantes de hule, pantallas de madera o una combinación de ámbas.

c) Defensas con Pilotes.

En el caso de defensas con pilotes, es el más

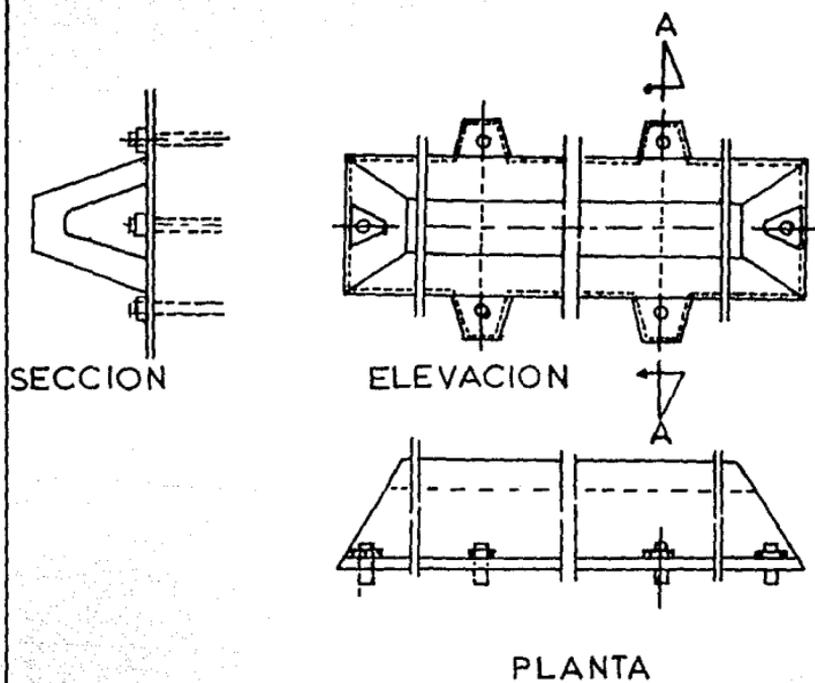


fig 2.4.a DEFENSAS FIJAS

aceptado para absorber energía de una manera sencilla y económica, en general se apoya una pantalla sobre pilotes y éstos a su vez se apoyan en sus cabezas sobre elementos elásticos como bloques de hule. Un ejemplo de ésto son las figuras 2.4.c.1 y 2.4.c.2.

d) Defensas de gravedad.

Este tipo se puede incluir en las tipo b), ya que de hecho son defensas colgantes. La energía se absorbe al incrementar la energía potencial gravitatoria y vencer la fricción. Existen varios tipos de sistemas de este tipo, que en los últimos años, han demostrado ser de gran efectividad, sobre todo en el atraque de grandes embarcaciones y un ejemplo de este tipo de defensas es la figura 2.4.d.1.

e) Defensas neumáticas.

Las defensas neumáticas constituyen uno de los desarrollos más sobresalientes. Estas defensas de alto rendimiento están en base al empleo de una tecnología en extremo avanzada en la construcción de depósitos de caucho para combustible de aviones y de material para automóvil.

A diferencia de las defensas sólidas de caucho o rellenas de espuma de goma, cuyo pandeo o elasticidad compresiva de aire para lograr las altas características de rendimiento que no se encuentran en las defensas ordinarias.

e.1 Las defensas neumáticas tipo red presentan las siguientes características:

El tipo red está cubierto con una red de cadena, una red de alambre o una red de fibra. Por lo usual viene con llantas de protección adicional. La red de cadena es resistente a la corrosión durante largo tiempo de uso, mientras que la red de alambre es fácil-

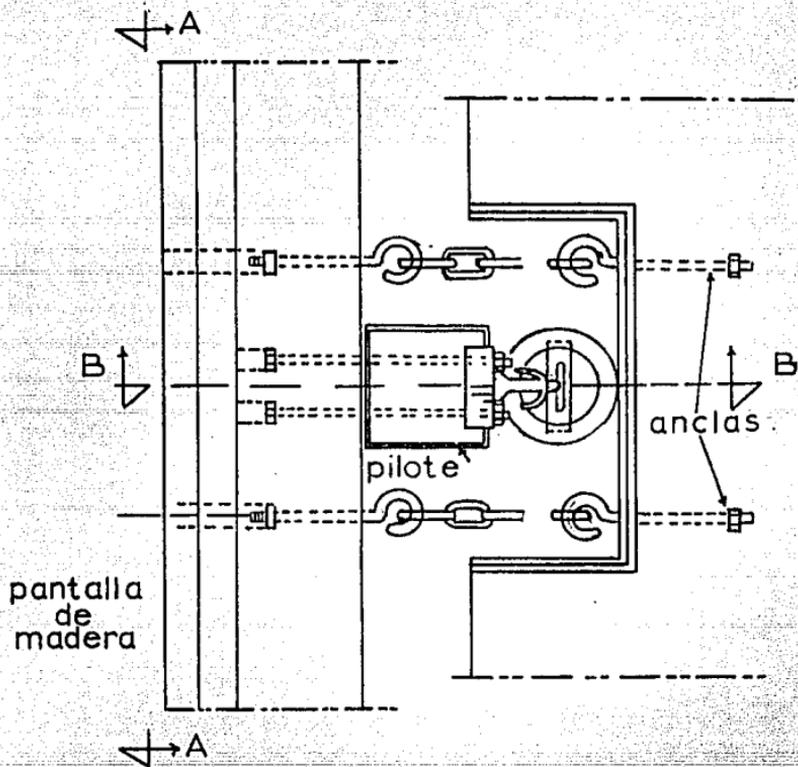
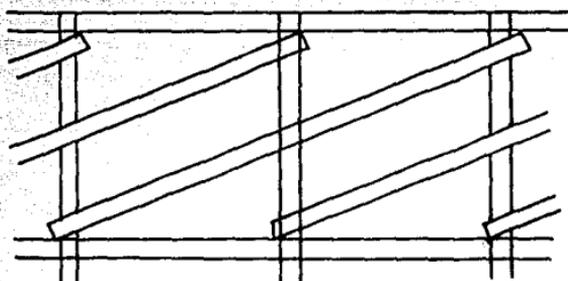


fig 24.c.1 DEFENSA CON PILOTES
vista en planta



PANTALLA DE MADERA
elevacion frontal A A

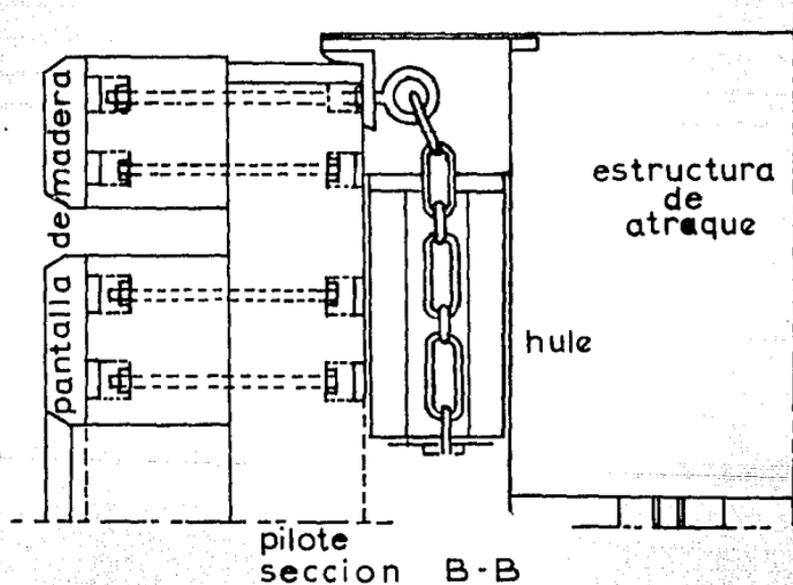


fig 2.4.c.2 DIBUJO EN ELEVACION

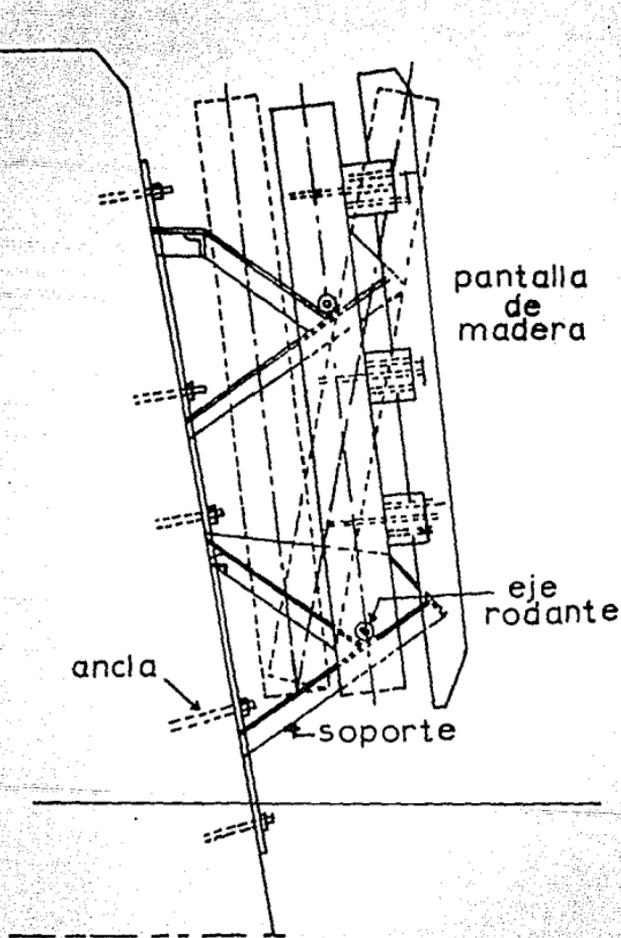


fig 24.d.1 DEFENSA DE GRAVEDAD

de reparar (ver Fig. 2.4.e.1).

Dentro de sus ventajas se tiene:

Adaptable a los cambios de niveles de mareas.

Presión de superficie baja y uniforme.

Bajo costo de instalación.

Bajo costo de mantenimiento.

e.2 Las defensas de bloque de aire (ABF).

Este tipo de defensas se usa para fines generales en los muelles de atraque.

Dentro de sus ventajas tenemos:

Apropiadas para instalación fija en muelles.

No averían los pernos de anclaje.

Son económicas por su amplia distancia de instalación.

Un ejemplo de este tipo es la figura e.2.1.

2.4.e.3 Colchón o almohadilla de aire (ABC).

El ABC es una defensa de forma rectangular para usos especiales. Se emplea en muros de muelles, pilares de plataformas para perforaciones y embarcaciones de trabajo, En las ventajas que presenta es que dá máxima protección para plataformas y barcos de suministros de trabajo en zonas de fuertes marejadas.

2.4.e.4 Defensas bloque de aire con panel (ABF-P).

Las características de las defensas (ABF-P) son:

Contacto inicial suave con incremento de dureza en tanto aumenta la presión.

No registra disminución de absorción de energía durante atraques inclinados.

Alta resistencia comprobada contra fuerza de corte en prueba y condiciones reales.

Baja fuerza de reacción en amarres con tiempo borrascoso.

La tolerancia de fuerza de reacción y deflexión

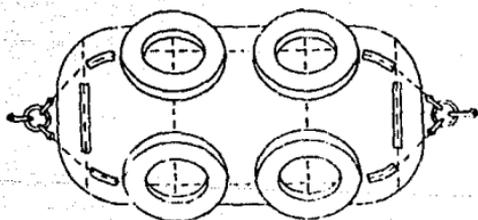
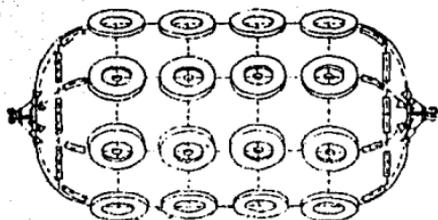


Fig. 2.4 e.1. *Definizione Neumitica tipo ted*

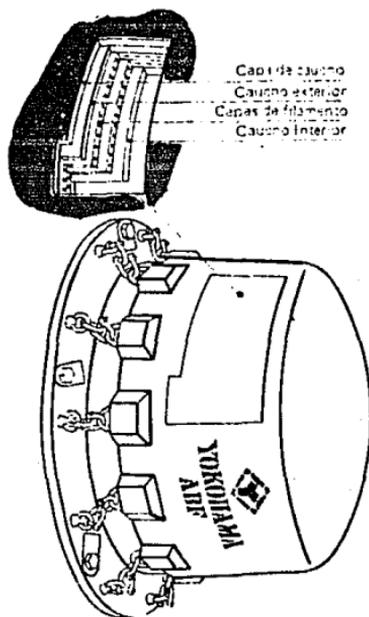


Fig. 2.4.e.2. Defesa de bloque de aire.

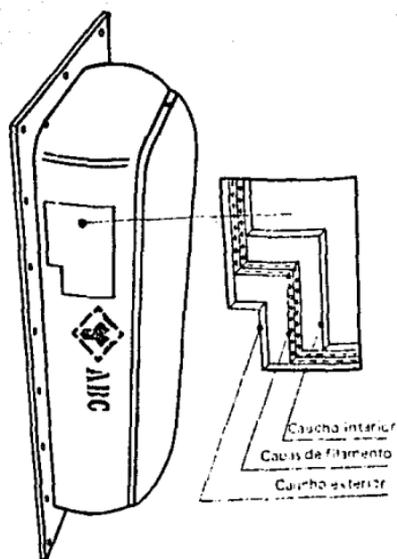


Fig. 2.4.e.3 Colchón o almohadilla de aire.

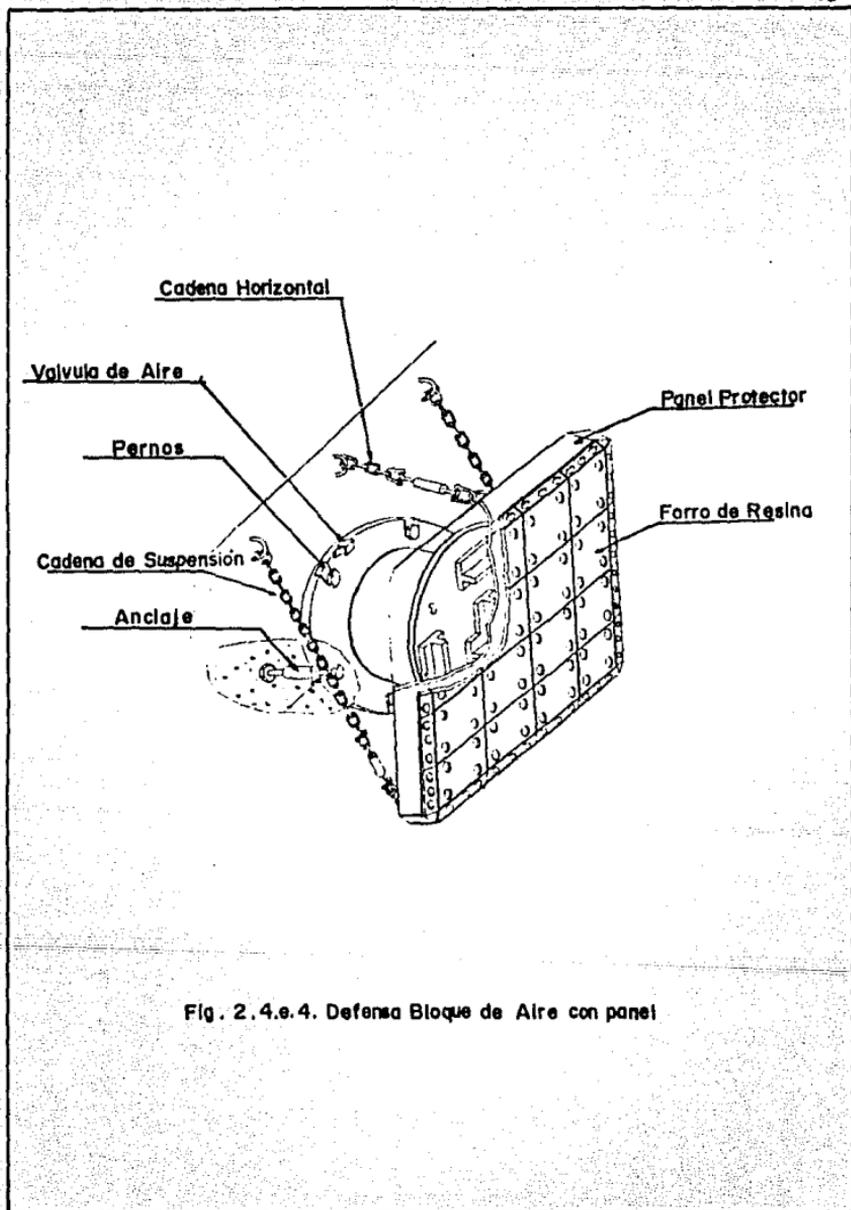


Fig. 2.4.e.4. Defensa Bloque de Aire con panel

de energía garantizada es:

Fuerza de reacción $\pm 10 \%$

Deflexión $\pm 5 \%$

Un ejemplo de ésto es la figura e.4.1.

f) Defensas borneo.

Este tipo de defensas se emplea en muelles tipo espigón y cumple con la función de proteger tanto a la embarcación como a la estructura para que no sufran daños serios, (ver Fig. 2.4.f.1).

g) Bitas.

Las bitas cumplen la función de dar amarre a la embarcación y evitar el movimiento excesivo de la misma, razón por la cual se incluyen dentro del tema de defensas. Estas pueden ser: de fierro fundido hecho en planta, de viguetas y placas elaboradas en forma manual, y por último tenemos las carnosas de fierro fundido y se emplean para pequeñas embarcaciones, (ver figuras 2.4.g.1, 2.4.g.2 y 2.4.g.3).

2.5 ALMACENES

Los almacenes son las estructuras que permiten regular el flujo de las cargas a lo largo del tiempo cuando no son directamente transbordadas. Sus características dependerán de la naturaleza de la mercancía, así, si son cereales, se tratará de bodegas mecanizadas o de silos; si son minerales, se tratará de patios a descubierto con bandas transportadoras para su eficiente transbordo; si es carga de baja densidad económica, patios, si se manejan contenedores, tanques de almacenamiento, patios.

El manejo de las mercancías será eficiente en la medida que se disponga de los medios para su transportación, regulación y manejo y que estos estén coordinados entre sí, para la concentración o la distribución

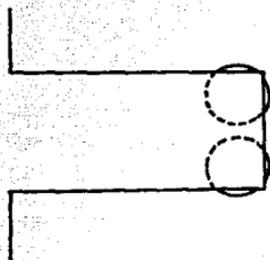


Fig. 2.4.f.1. Defensa Tipo Borneo

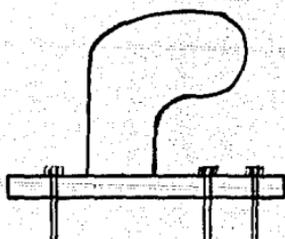


Fig. 2.4.g.1 Blito

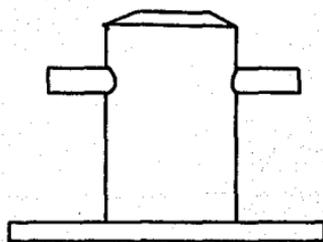


Fig. 2.4. g.2 Bita



Fig. 2.4. g.3. Carnamosas

de materias primas e insumos en los centros de transformación sea oportuna, como también debe ser la distribución de productos terminados en los centros de consumo, bien sean nacionales e internacionales.

Existe una estrecha relación entre las características de la carga con la de los almacenes, el equipo para moverla y los medios de transporte; así por ejemplo: si el producto a mover es trigo, lo propio para su almacenamiento serán las bodegas y los silos mecanizados y para transportarlo, si es transporte terrestre, en carros tolva (autotransporte o tren) y si es un autotransporte marítimo en buques tolva. La conjunción adecuada de estos factores, dá como consecuencia lógica que las operaciones de almacenamiento y de transbordo sean rápidas y de bajo costo. (ver tabla 2.5.1.)

CUADRO N° 2.5.1.

TIPO DE CARGA	TIPO DE ALMACEN Y EQUIPO	CARACTERISTICAS DE LOS MODOS DE TRANSPORTE.		
		TERRESTRE	MARITIMO	AEREO
Cereales Productos Agrícolas.	Bodegas y Silos mecanizados.	Carros-Tolva bandas trans- portadoras.	Buques-Tolva ó graneros. (Bulk Carrier)	
Minerales	Patios y cobertizos - con bandas transportadoras.	Carros-Tolva bandas trans- portadoras.	Buques-Tolva ó graneros.	
Gases	Tanques especiales y- Equipo de bombeo.	Carros-Tanque Especiales y Ductos.	Buques Especiales - LNG (Liquid Natural Gas).	
Flúidos	Tanques de Almacena- miento. Equipo de bom- beo.	Carros-Tanque Ductos.	Buque cisterna ó Bú- que Tanque.	
Carga General.				
No unitarizada	Bodegas, cobertizos y pa- tios con grúas y equipo elemental para manejo - horizontal de la cocoa.	Cajas de F.C. Autotranspor- te.	Buque de Carga gene- ral.	Avión
Unitarizada	Bodegas, cobertizos y pa- tios con grúas de pórti- co de gran capacidad y altamente especializado.	Plataformas de F.C. y de auto- transporte.	Portacontenedores - Autotransbordo y - Portabarcasas.	
Perecederos	Frigoríficos	Carros Refrige- rados.	Barcos Refrigerados	Avión

C A P I T U L O I I I

CIMENTACIONES DE MUELLES

Antes de iniciar con el desarrollo de este capítulo, dependiendo de las condiciones de trabajo que se presenten, se tiene que la cimentación de Muelles dentro de los diferentes sistemas que se emplean, estos pueden ser a base de:

- Pilotes prefabricados de concreto.
- Pilas.
- Tablestacas de acero y/o concreto.

3.1 PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO.

Los elementos muy esbeltos con dimensiones transversales del orden comprendido entre 0.30 y 1.0 m. se denominan pilotes. A pesar del amplio rango de dimensiones que se indica, la mayoría de los pilotes en uso tienen diámetros o anchos comprendidos entre 0.30 y 0.60 m.

En general se emplean pilotes como elementos de cimentación cuando se requiere:

a) Transmitir las cargas de una estructura, a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente, que garantice el apoyo adecuado. La forma de trabajo de estos pilotes podría visualizarse como similar a la de las columnas de una estructura.

b) Transmitir las cargas a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre suelo y pilote.

c) Compactar suelos granulares, con fines de generación de capacidad de carga.

d) Proporcionar el debido anclaje lateral a ciertas estructuras (como tablestacas), o resistir las fuerzas laterales que se ejercen sobre éstos

(como en el caso de un puente), en este caso es frecuente recurrir a pilotes inclinados.

e) Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volcadura, o cualquier efecto que trate de levantar la estructura. Estos son pilotes de tensión.

f) Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión.

g) Proteger estructuras marítimas, tales como muelles, atracaderos etc., contra el impacto de los barcos u objetos flotantes.

Es evidente que los pilotes pueden ser diseñados para cumplir dos o más de las funciones anteriores.

Desde el punto de vista de su forma de trabajo, los pilotes se clasifican como: pilotes de fricción, de punta o mixtos. Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la fricción lateral que generan contra el suelo que los rodea. Los pilotes de punta desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente. Y por último los pilotes mixtos aprovechan estos dos efectos.

Los pilotes prefabricados de concreto se fabrican ya sea con concreto simple, concreto reforzado, presforzado o postensado, empleando cemento portland normal o resistente a las sales, alcalis y silicatos con objeto de aislarlos del medio ambiente. Se fabrican en una sola pieza o en segmentos que se pueden unir con juntas rápidas o soldando placas de acero que se dejan en los extremos de cada tramo precolado.

Estos pilotes son los de mayor uso por su durabilidad y la facilidad con que se ligan a la superestructura. Sus limitaciones se relacionan con las dificultades de fabricación, manejo e hincado. Según la geometría

de su sección transversal, pueden ser cuadrados, octagonales, hexagonales, triangulares, de sección H y circulares.

Los pilotes prefabricados de concreto tienen el fuste de sección uniforme circular, cuadrada u ortogonal, con refuerzo suficiente para que puedan resistir los esfuerzos que se producen durante la manipulación. Los tamaños más pequeños tienen de 20 a 30 cm de lado y generalmente sólidos, los tamaños mayores son sólidos o huecos para reducir el peso.

Los pilotes prefabricados de concreto se les emplea principalmente en construcciones marinas y puentes, donde la durabilidad bajo condiciones severas de intemperie es importante y donde los pilotes se extienden fuera de la superficie del terreno como una columna sin soporte lateral. Las longitudes de pilotes sólidos pequeños varían entre 15 y 18 m., para los pilotes largos huecos, se puede llegar hasta los 60 m. La carga típica para pilotes pequeños está entre 30 y 50 ton., y para pilotes grandes hasta más de 200 ton.

Los muelles que se construyen empleando infraestructura de pilotes de concreto precolados, se pueden considerar obras de tipo permanentes.

Cuando se requiere construir un muelle en cierta zona cercana al Puerto en tierra, podrá construirse la infraestructura con pilotes colados en sitio o hincando (Pilotes Precolados) y a continuación se realizará la construcción de la superestructura y dragado, a fin de dejar ligado el nuevo Muelle al Puerto.

Cuando se inicia la fabricación de un pilote no debe suspenderse el colado de concreto hasta la

terminación completa del pilote. El concreto se compactará adecuadamente con un vibrador.

El número de pilotes de prueba dependerá:

a) De las condiciones estratigráficas del área de trabajo, donde varían poco las condiciones físicas de los estratos, serán requeridas menos pruebas.

b) De las condiciones marinas en general, para operar el equipo de hincado en las pruebas.

En terrenos en los que la estratigrafía indica capas de materiales granulares predominantemente, resulta una ayuda muy eficaz para el hincado de pilotes el empleo del chiflón. Actualmente se incluye en la construcción de pilotes de concreto la tubería necesaria y accesorios requeridos para el funcionamiento del chiflón, dentro del pilote, al colarse éste.

Las ventajas de emplear chiflón para auxiliarse en el hincado de pilotes de concreto precolado para la construcción de la subestructura de un Muelle, son muy significativos cuando se trata de estratos granulares, tales como arenas finas, medianas, gruesas, gravillas o mezclas de estos materiales.

Sobre la infraestructura del muelle de pilotes prefabricados se apoya la superestructura de concreto armado que contiene todos los servicios para las maniobras de atraque, estadía y operaciones de carga y descarga.

3.2 PILAS

3.2.1 Los cimientos cuyo ancho sobrepasa de 1.0 m. pero no excede del doble de ese valor suelen llamarse pilas esto es teóricamente, ya que constructivamente las dimensiones que se emplean varían desde 0.60 m. hasta 1.50 m, y además pueden ser de concreto armado o simple según sea el caso.

Para unos, pila es simplemente un elemento que

trabaja exactamente igual que una zapata, pero transmite las cargas a mayor profundidad, según los especialistas un elemento es pila cuando la relación $D/B > 4$, en tanto que para una zapata suelen considerarse relaciones del orden de 1.0. Siendo D la profundidad de desplante y B el diámetro o el ancho del elemento.

Como no existe una diferencia más substancial entre pilas y pilotes más que su diámetro, la capacidad de carga y los asentamientos en pilas pueden establecerse en la misma forma que se considera para pilotes.

Las pilas pueden ser preexcavadas con maquinaria especial pues las dimensiones prohíben hincarlas a golpes. Existen varios procedimientos y uno es el denominado pozo seco que consiste simplemente en fabricar un pozo hasta el estrato resistente, convenientemente ademado y de dimensiones tales, que un hombre por lo menos puede trabajar en su interior, el método sólo puede aplicarse a terrenos secos o en los que las filtraciones sean muy pequeñas. El llamado método Chicago, es una variante del anterior, en la que se va excavando el material hasta una profundidad del orden de 1.30 m. según su consistencia, la excavación se adema con largueros verticales de madera, que se mantienen con anillos de acero, se continúa después la excavación, repitiendo las operaciones de ademado en cada tramo, al alcanzar el nivel de apoyo, suele ampliarse la base para mejorar el poder portante del elemento, el hueco así producido, se rellena de concreto. Si las filtraciones de agua resultan grandes puede usarse el método Gow en el cual se van introduciendo en el terreno secciones tubulares de acero, telescópicamente, excavando con pico y pala el material que va quedando dentro de

cada sección.

Las figuras 3.2.1 a y b, ilustran los métodos Chicago y Gow.

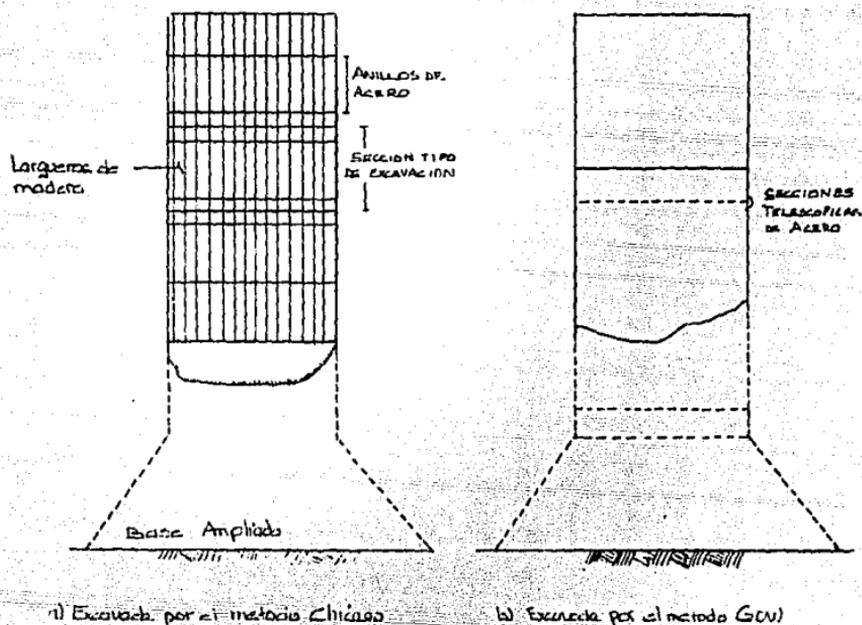


Fig. 3.2.1 PILAS.

De acuerdo con las dimensiones de su sección transversal, las pilas están clasificadas como cimentaciones profundas. En el diseño y construcción de pilas intervienen fundamentalmente tres variables: la forma como transmiten las cargas al subsuelo, el material con que están fabricadas y su procedimiento constructivo.

Las pilas en general se diseñan para transmitir cargas verticales por punta a estratos resistentes profundos o por fricción al suelo que los rodea, y para resistir cargas horizontales inducidas por la estructura o por sismo.

Dentro de la descripción hecha para pilotes según su procedimiento constructivo, también tenemos a las pilas, las cuales están ubicadas en las de sin desplazamiento y de concreto colado en sitio.

Las pilas de concreto coladas en sitio son clasificadas como elementos sin desplazamiento porque para su fabricación se extrae un cierto volumen de suelo que después es ocupado por el concreto.

Debido a la influencia determinante que tienen los procedimientos constructivos en el comportamiento de las cimentaciones a base de pilas, deberá concedérsele importancia significativa a la labor de supervisión de los aspectos técnicos durante la construcción. Por otra parte siempre será recomendable efectuar pruebas de carga para verificar la validez del diseño, ya que el método de cálculo todavía no es muy confiable.

3.2.2 Capacidad de Carga.

La Capacidad de carga en las pilas se puede decir que depende esencialmente de la resistencia al corte del suelo en el cual se apoya y del mecanismo de transferencia de carga del elemento de cimentación

al suelo.

Por otra parte, la sensibilidad de la estructura de la cimentación a los asentamientos debe considerarse tanto las superestructuras de tipo flexibles como las muy rígidas, se consideran como insensibles, ya que las flexibles pueden acomodarse a los asentamientos irregulares sin daño estructural, y las rígidas, se asentarán como bloque.

3.2.3 Fuerzas a que están sometidas las cimentaciones a base de pilas.

En cimentaciones de pilas las fuerzas ambientales más importantes que se presentan son las siguientes:

a) Las fuerzas laterales ejercidas por el movimiento de hielo o congelación del agua.

b) Los empujes de tierra que producen deslizamiento en la superficie del suelo o cuando la base de las pilas quedan apoyadas en pendientes.

c) La fricción negativa motivada por el hundimiento de la superficie del suelo, ya sea a causa de la reducción de las elevaciones piezométricas del agua (abatimiento del nivel freático) o sobrecargas colocadas en la superficie del suelo (rellenos) originándose un estado de consolidación en el suelo alrededor del fuste de la pila.

d) Las fuerzas dinámicas laterales originadas en el fuste de la pila, origina la fricción negativa y aquéllas generadas por fuertes movimientos producidos por los sismos.

Para poder analizar la influencia de las fuerzas ambientales mencionadas, e incluirlas en el diseño de una cimentación de pilas, se hace necesario investigar las propiedades índices o hidráulicas así como las mecánicas que confinan la superficie lateral

de la pila (fuste), desde la superficie hasta el suelo firme donde se apoya la base de la pila.

A igualdad de otros factores, la deformación en la base de cimientos colados 'in situ' es mayor que la de cimientos hincados por las siguientes causas:

a) En suelos granulares, deficiencia en el efecto al compactar el suelo y que el hincado ejerce bajo la punta de pilotes hincados.

b) En los mismos suelos, aflojamiento que inevitablemente ocurren durante la perforación, sobre todo cuando no se controla de modo continuo el flujo de agua en el fondo.

c) En suelos arcillosos duros, el incremento del contenido de agua alrededor de la perforación, a causa de la filtración de agua dentro del propio suelo y del concreto fresco al suelo.

d) Posibles residuos sueltos dejados en el fondo de la excavación particularmente cuando se cuela bajo agua o lodo bentonítico.

La mayor deformabilidad en la base de pilas y pilotes colados 'in situ' puede no representar una ventaja significativa en los casos en que la capacidad de carga por fricción lateral es relativamente alta y confiable a largo plazo, como seguramente ocurre en la mayoría de los casos en que se aplica este tipo de cimentación.

En lo que respecta tanto al diseño de pilotes como en pilas, se tiene:

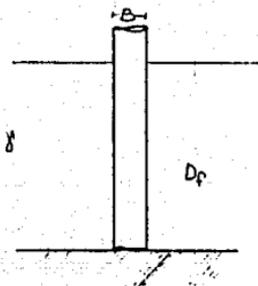
$$Q_t = Q_p + Q_f$$

Q_t = capacidad de carga total.

Q_p = capacidad de carga por punte.

Q_f = capacidad de carga por fricción.

De acuerdo con la Teoría de Skempton, la capacidad de carga por punta en arcilla adopta la expresión:



$$q_c = c N_c + \gamma' D_f$$

$$Q_p = q_c \cdot A_s$$

q_c = Capacidad de carga (T/m^2)

A_s = área de la sección.

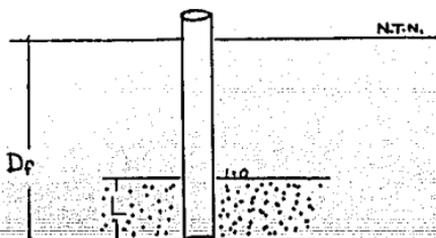
N_c = Depende de la relación $\frac{D_f}{B}$

γ'_{DF} = Presión del suelo al nivel de desplante.

$$Q_t = Q_p$$

C = estrato resistente donde se apoya el pilote.

La capacidad de carga por punta en suelos friccionantes con la Teoría de Meyerhof es:



$$Q_p = q_c \cdot A_s$$

$$q_c = (\gamma' D_f N'_q)$$

N'_q = Fig. VII.14 del Juárez Badillo, Vol.II pag.375 (pilotes)

$$Q_p = (\gamma' D_f N'_q) \cdot A_s$$

La capacidad de carga máxima, se obtiene cuando la profundidad de empotramiento sea igual o mayor a:

$$L = 4 \cdot B \cdot \sqrt{N\phi}$$

$$L = 4 \cdot D \cdot \sqrt{N\phi}$$

$$N\phi = t_g^2 (45^\circ + \phi / 2)$$

B o D = Lado a diámetro de la sección.

La capacidad de carga por punta en suelos cohesivos friccionantes es:

$$Q_T = Q_P$$

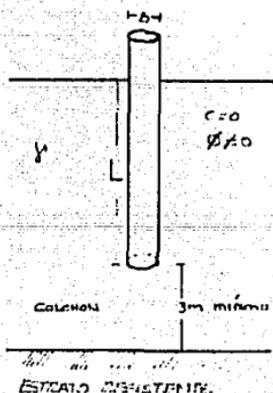
$$Q_C = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q$$

$$Q_T = (c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q) \cdot A_s$$

N_c y N_q = son factores de capacidad de carga (Terzaghi)

A_s = área de la sección.

-- Para pilotes de fricción se tiene:



$$Q_T = Q_{Fr}$$

$$fr = K_s \gamma \frac{L}{2} \tan \delta$$

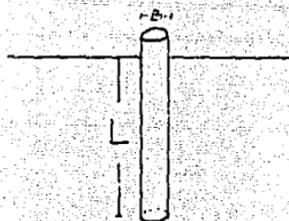
$$\delta = \frac{2}{3} \phi$$

L = Long. del pilote.

$$Q_{fr} = \left(K_s \gamma \frac{L}{2} \tan \delta \right) AL$$

AL = perímetro del pilote por su longitud.

En pilotes por Adherencia.



$$Q_T = Q_f$$

$$f_r = C_a$$

$$Q_{fr} = C_a * AL$$

C_a = Coeficiente de adherencia
(t/m^2)

AL = Area lateral.

para suelos $C \neq 0$ y $\phi \neq 0$

$$Q_{fr} = (C_a + K_s \frac{L}{2} \tan \delta) \cdot AL$$

3.3 TABLESTACAS DE ACERO O CONCRETO

3.3.1 Las tablestacas con tensores consisten básicamente en el hincado de elementos, ya sea metálicos o de concreto reforzado, usándose los primeros en donde se requieren muelles de gran altura (hasta 15m.) y los segundos en muelles de poca altura.

Aunque pueden usarse también tablestacas de madera, no se tratan en este trabajo debido a que su uso es muy limitado.

Las tablestacas se van hincando una en una en paneles, hasta la profundidad de proyecto, lo cual varía de acuerdo con el tipo de terreno y de la carga que va a soportar.

La tablestaca de acero debe protegerse por medios químicos contra el intemperismo y el agua de mar, lo cual se realiza durante su procedimiento de cocido y laminación, además de llevar una protección catódica, dándole a dichas tablestacas, diferentes secciones U, S, Z y conjuntos simétricos, etc.

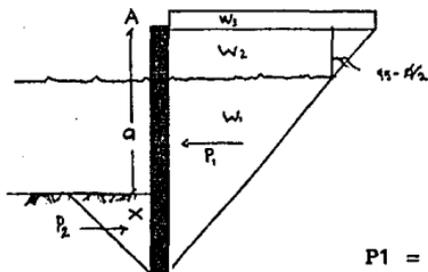
Las secciones 'Z' se adaptan particularmente a un cantiliver y a un sistema de retención de muro, en que se desarrolla una resistencia máxima o flexión por unidad de carga y la interconexión está localizada donde el esfuerzo longitudinal es cero.

La Máxima longitud del perfil laminable es de 25 m. sin embargo, si se requiere una longitud mayor, pueden soldarse dos piezas.

Las chapas especiales de interconexión son usadas para condiciones imprevistas y (muros) paredes verticales continuas, reteniendo el paso de agua o suelo.

La sección de un tipo particular debe darse por las ventajas de costo, durabilidad, resistencia, y de las condiciones de cimentación.

3.3.2 En términos generales, el cálculo de los esfuerzos y la profundidad a que deben llegar es la siguiente:



$$P1 = W1 + W2 + W3$$

$$P2 = W4$$

W1 = peso del prisma relleno en seco.

W2 = peso del prisma relleno en agua.

W3 = sobrecarga

W4 = prisma del relleno exterior.

Tomando momentos con relación a 'A'.

$$2/3 P_1 (a + x) = P_2 (a + 2/3 x)$$

La única incognita es x, resolviendo:

$$x = \frac{3 P_2 a - 2 P_1 a}{2 P_1 - 2 P_2}$$

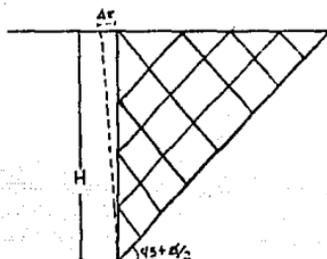
Llamando T a la tensión en 'A' $T = P_1 - P_2$. La presión hidráulica no se considera por estimarse el tablestacado como permeable.

Esta tensión puede tomarse directamente con un tirante anclado o recibirse en forma de compresión por un pilote inclinado.



Un tablestacado anclado es una variante de los diferentes sistemas que se emplean. Este tipo de tablestacado anclado es una forma especial de muro de sostenimiento de tierras, que se usa ampliamente en las construcciones de riberas. Como este tipo de tablestacado se construyen desde la superficie hacia abajo, hincando las tablestacas, resultan apropiados en los lugares en que el nivel del agua es alto o el suelo inmediatamente debajo es blando.

La mayor parte de los muros de sostenimiento de gravedad y en voladizo son capaces de girar, con relaciones a sus bases, lo suficiente para satisfacer los requisitos de deformación necesarios para que se genere el estado de esfuerzos activo en la cuña de falla.



La presión total de tierra contra el muro es la activa, la cual para un relleno de superficie horizontal plana se calcula con la ecuación :

$$P_A = 1/2 K_A H^2.$$

En contraste con todo esto, las tablestacas ancladas (fig. 3.3.4 a) y los ademes de la excavación anclados o nó (fig. 3.3.4 b y c), son miembros que tienen una rigidez a la flexión. Los apoyos imponen restricciones al movimiento de muros. Por tanto al progresar la excavación frente a los ademes, o al hacer el relleno detrás de las tablestacas, los muros se deforman y se mueven tomando formas características, que se indican por las líneas discontinuas en las figuras 3.3.4 a, b y c.

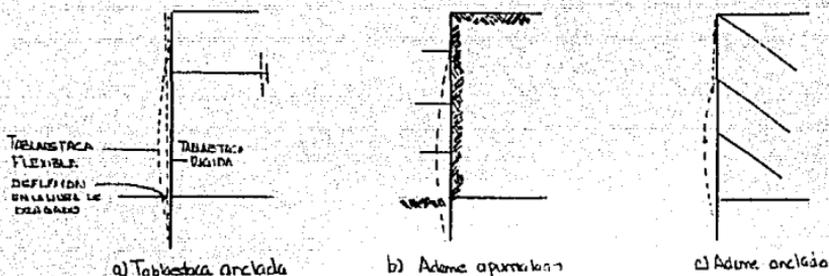
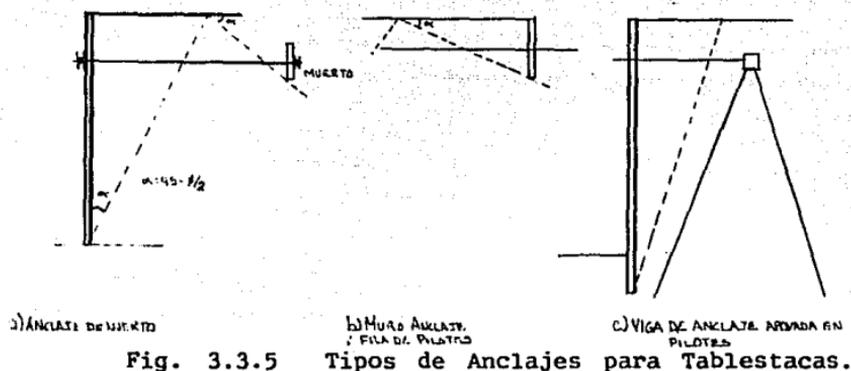


Fig. 3.3.4 Patrones típicos de deformación de muros verticales.

La presión real de tierra contra el respaldo de un muro vertical flexible y las cargas en los miembros de apoyo dependen en grado considerable, no sólo de las propiedades del suelo (que se soporta), sino también de la secuencia de las operaciones de construcción. Influye en éstas particularmente, la relación entre la profundidad a la que se instalan los apoyos (profundidad de empotramiento) y la profundidad de la excavación (línea de dragado).

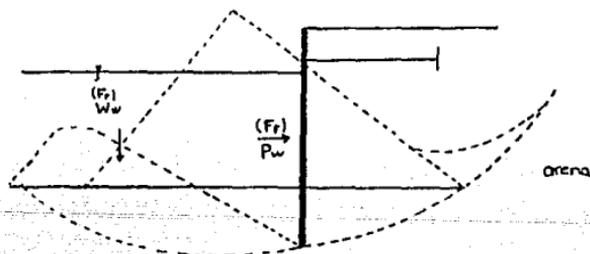
Por tanto, las presiones usadas para el proyecto no se pueden determinar exclusivamente por medio de la teoría, sino que, influyen en la manera en que el contratista ejecuta el trabajo.

Los pilotes para el anclaje se apoyan comúnmente cerca de sus cabezas por medio de vigas horizontales o largueros, unidos a tirantes de acero anclados. En la fig. 3.3.5 tenemos tres tipos comunes en sistemas de anclaje. La parte inferior de las tablestacas se apoyan por penetración al suelo.



3.3.3 Modos principales de falla en una tablestaca anclada:

Para una tablestaca que está hincada en material cohesivo débil, el suelo subyacente puede experimentar una falla por capacidad de carga bajo el peso desequilibrado de material que está detrás. Los movimientos pueden tomar la forma de una falla general de tipo rotacional, abarcando la tablestaca y aún el anclaje.



El anclaje puede fallar debido a que se hayan subestimado las fuerzas en los tirantes de las anclas, o que se haya sobre estimado la resistencia del anclaje, o que ésta se haya colocado demasiado cerca del tablero y se mueva con él (anclaje) hacia el agua. En ciertos casos, el asentamiento del terreno bajo los tirantes, debido a la compresión de capas profundas subyacentes de material compresible, hacen que éstas soporten gran parte del peso del material sobreyacente y de las sobrecargas. De esta manera los tirantes quedan sujetos a una tensión adicional que puede romperlos.

La profundidad de empotramiento se haya, haciendo igual a cero la suma algebraica de los momentos de las resultantes de los empujes activo y pasivo.

Por tanto, si el empotramiento es inadecuado, el suelo frente a la porción embebida puede fallar o experimentar movimientos laterales excesivos. Si el nivel freático detrás de la tablestaca, está más alto que en el frente, (caso raro, no después de la lluvia fuerte o donde existen fluctuaciones de mareas, el agua tiende a fluir detrás de la tablestaca y hacia arriba, en frente de la porción hincada).

Estos son los tipos de fallas más comunes que se producen en tablestacas. En contraste con ésto, la falla por flexión bajo la influencia de la presión de tierra es raro.

El cálculo que se hace para analizar una pared de tablestaca, se puede hacer en base a la Teoría de Rankine.

Las ecuaciones en que se basa esta teoría para un suelo friccionante y que nos permiten determinar las presiones activas y pasivas son:

$$P_a = \gamma h \tan^2 (45 + \phi/2)$$

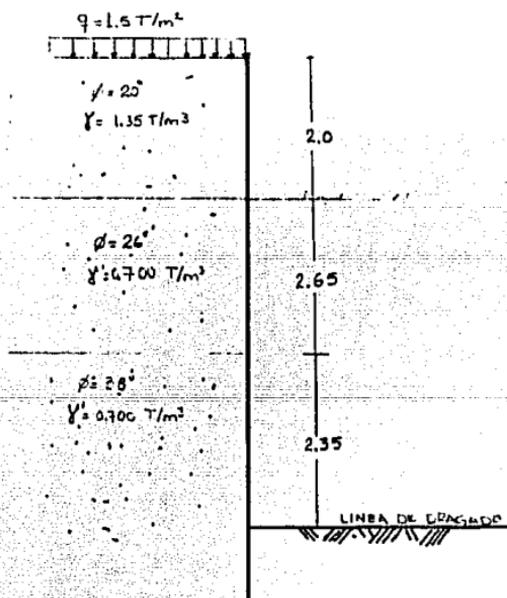
$$P_p = \gamma h + \gamma g^2 (45 - \phi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45 - \phi/2)$$

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

Dado que Rankine no considera la fricción entre el suelo y la pared, razón por la cual se emplearon las ecuaciones (11-7) y (11-9) del libro *Foundation Analysis and Design* de Joseph E. Bowles para el cálculo de los coeficientes (K_a y K_p) activos y pasivos.

El Diseño de una tablestaca con tensor dadas las características del suelo, se tiene:



La ecuación que nos permite determinar el empotramiento mínimo es:

$$2x^3 + 3x^2(h+a) - \frac{6Ra}{\gamma} = 0$$

h = dist. de la línea de dragado hasta la superficie

a = Punto donde las presiones son nulas.

$$2x^3 + 3x^2(5.8 + .296 - \frac{6(16.402)(3.31)}{9.77})$$

$$2x^3 + 18.29x^2 - 33.34$$

$$X_1 = 1.473$$

$$2x^2 + 15.34x - 22.60$$

$X_2 = 1.26$

Se debe hacer una suma

de momentos:

$$Ra \bar{y} = Rp y'$$

Para ver que X se toma

$$y' = h + a + .67x$$

$$y' = 5.8 + .246 + .67(1.26) = 6.9402$$

$$Rp = \frac{Cx^2}{2}$$

$$Rp = \frac{(9.77)(1.26)^2}{2} = 7.75 \text{ ton.}$$

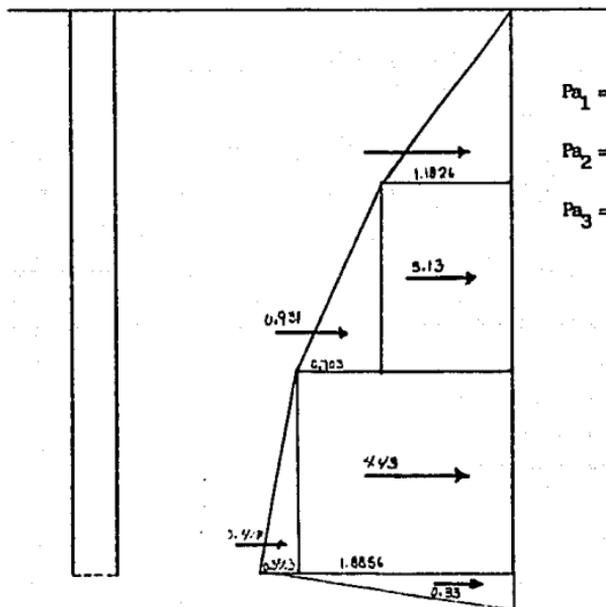
$$F_T = Ra - Rp$$

$$F_T = 16.4 - 7.75 = \underline{8.65 \text{ Ton.}}$$

$$(16.4)(3.31) \doteq (6.9402)(7.76)$$

DIAGRAMA DE PRESIONES
DEBIDO A SOBRECARGA

DIAGRAMA DE PRESIONES
DEBIDO AL SUELO



$$Pa_1 = 1.35(2) .436 = 1.1826$$

$$Pa_2 = .7 (2.65)(.379) = .703$$

$$Pa_3 = (.7)(2.35)(.216) = .3653$$

El diagrama de la sobrecarga se considera uniforme debido a que se consideró el $\phi = 20^\circ$ como el más desfavorable.

$$a = \frac{Pa}{C}$$

a.- Es el punto donde las presiones son iguales a -cero.

$$Pa = .657 + .355 + 1.8056 = 2.8976$$

$$C = \gamma' (Kp - Ka)$$

θ	δ	K_a	K_p
20°	13.3	0.438	2.88
26°	17.3	0.379	4.39
38°	25.3	0.216	14.18

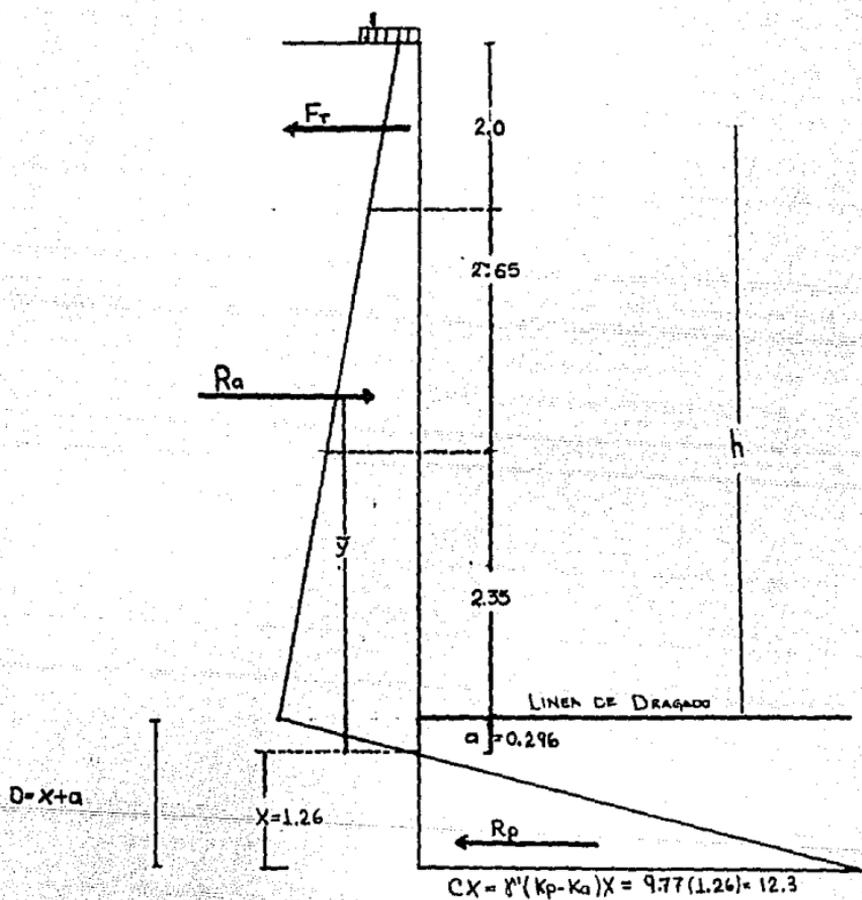
$$a = \frac{2.8976}{0.7 (14.18 - .216)} = 0.296$$

Obteniendo el centróide donde actúan todas las fuerzas.

$$4.60(35+0.296)+2.37(5.67+0.296)+3.13(1.325+2.35+0.296) + \\ +0.93(3.53)+4.43(1.471)+0.417(1.08)+0.33(0.098)+0.194(0.148)= 54.35$$

$$\bar{y} = \frac{17.46 + 14.139 + 12.43 + 3.29 + 6.52 + 0.032 + 0.029}{4.60 + 2.37 + 3.13 + 0.93 + 4.43 + 0.417+0.33+0.194}$$

$$\bar{y} = \frac{54.35}{16.402} = 3.31 \text{ m.}$$



$D = x + a$. . . el empotramiento mínimo.

$h = \text{dist. de la línea de dragado al tensor.}$

C A P I T U L O I V

PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y APLICACION

Antes de entrar a los procesos constructivos es necesario conocer el equipo y herramientas utilizadas para efectuar los trabajos en los diferentes tipos de cimentaciones de muelles descritos en el capítulo anterior.

El equipo convencional empleado para ejecutar los trabajos sobre el terreno, a éste, en ocasiones suele ser necesario efectuar algunas modificaciones para poder llevar a cabo el trabajo en condiciones marinas o donde se tenga una fuerte presencia de flujo de agua.

a) Gruas.- Las grúas son máquinas para el levantamiento y manejo de objetos pesados, contando para ello con un sistema de malacates que acciona a uno o varios cables montados sobre una pluma y cuyos extremos terminan en gancho.

Para facilitar su función, la unidad motriz y los diferentes mecanismos de la máquina (grúa), le permiten girar alrededor de un eje vertical y a la pluma moverse sobre un plano vertical.

Las resbaladeras son estructuras que se integran a las plumas de las grúas y que sirven para que deslice tanto el martillo piloteador como el dispositivo de disparo, pueden ser fijas, oscilantes y suspendidas por cable (ver Figs. 4.1 - 4.3).

Las plumas de las grúas pueden ser rígidas cuando están formadas por estructuras modulares (de tubo o ángulo estructural) o bien telescópicas cuando están formadas por elementos prismáticos que deslizan unos dentro de otros.

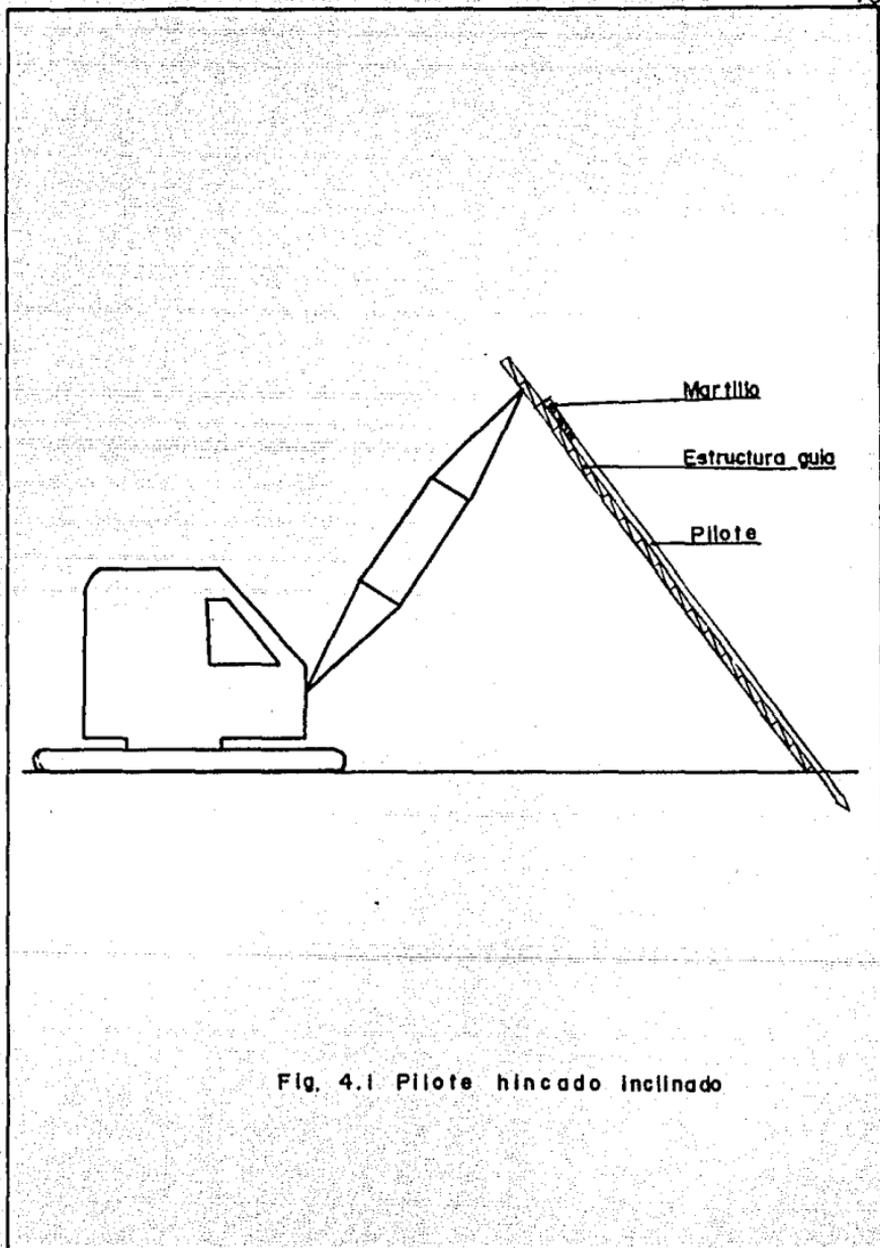


Fig. 4.1 Pilote hincado inclinado

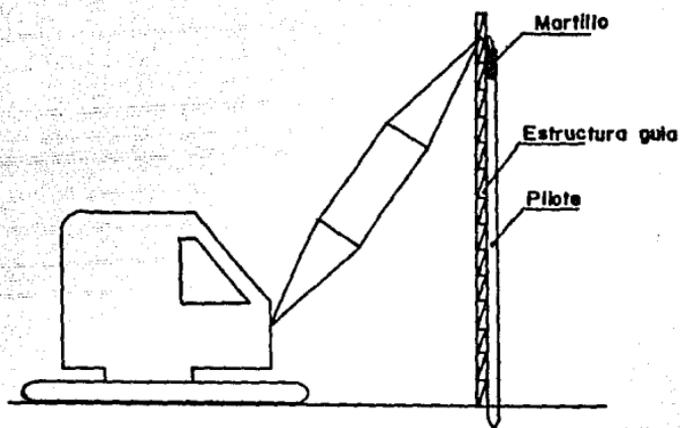


Fig. 4.2 Pilote hincado

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

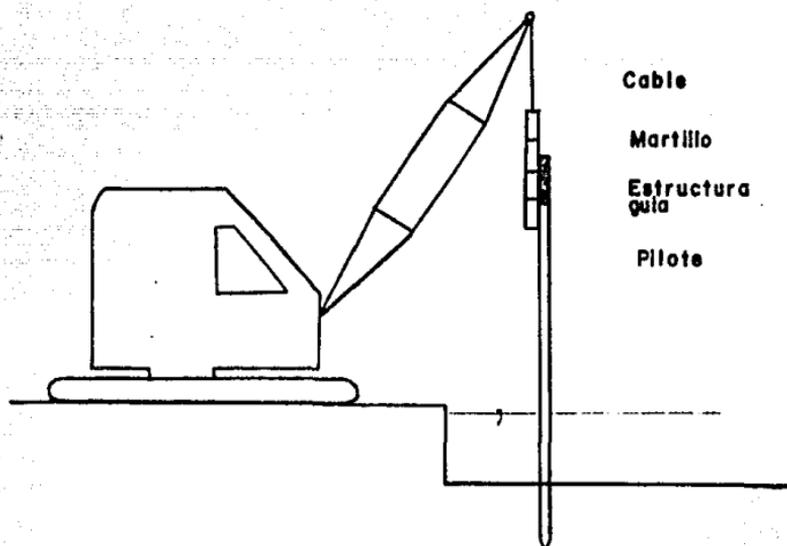


Fig. 4.3 Pilotes hincado con guía colgante

En las figuras 4.4 a la 4.7 se muestran los diferentes tipos de grúas antes mencionadas.

Las plumas rígidas se integran por una base que se apoya mediante articulación en el cuerpo de la grúa, después pueden colocarse módulos hasta de 6.1 m. de largo y finalmente una nariz en cuyo extremo superior se ubican las poleas por donde pasan los cables procedentes de los tambores de los malacates.

En la tabla 4.1 tenemos las grúas de uso más frecuente en México, tanto para efectuar maniobras como para montar perforadoras en las mismas.

a) Para montar perforadoras.

MARCA	MODELO	CAPACIDAD Ton.	PESO
Link Belt	LS 108-B	45.0	38.4
Bucyrus Erie	61 B	66.5	67.3
Link Belt	LS 118	60.0	54.7
P & H	670 WCL	70.0	-
Link Belt	LS 318	80.0	63.3

b) Para efectuar maniobras.

MARCA	MODELO	CAPACIDAD Ton.	PESO
Bucyrus Erie	22 B	12.0	19.3
Link Belt	LS 68	15.0	17.7
Link Belt	LS 78	17.5	21.7
Link Belt	LS 98	27.0	27.7

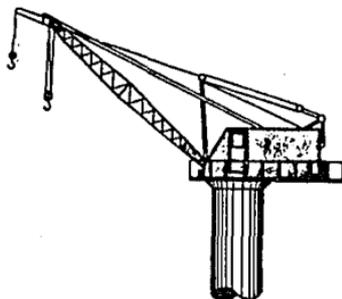


Fig. 4.4. Grúa fija montada sobre un pedestal

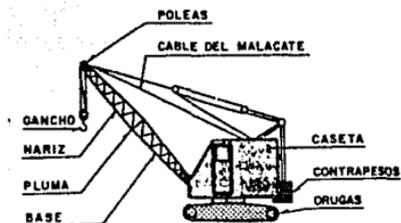


Fig. 4.5. Grúa móvil montada s/orugas

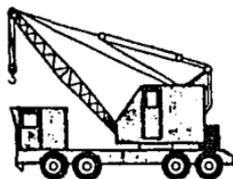


Fig. 4.6. Grúa móvil montada sobre neumáticos o motogrúa.

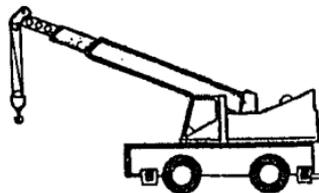


Fig. 4.7. Grúa móvil de pluma telescópica.

TABLA 4.1 GRUAS DE USO FRECUENTE EN MEXICO

Para el montaje de equipos de perforación usualmente se requieren grúas de 45 a 80 Ton. de capacidad nominal, con plumas rígidas de 18.3 m. de largo.

b) PERFORADORAS.- Las perforadoras son máquinas para hacer barrenos en el subsuelo, por medio de una barra en cuyo extremo inferior se coloca una herramienta de avance tal como una broca, un bote cortador, un trépano, etc.

La barra se hace girar en algunos mecanismos o bien se levanta y se deja caer rítmicamente sobre el fondo de la perforación, en otros, lo cual dá lugar a que las perforadoras sean rotatorias o de percusión respectivamente.

Las perforadoras de percusión, por medio de algún sistema que puede ser mecánico, neumático ó hidráulico, transmiten una serie rítmica de impactos al material por perforar por medio de un elemento de corte o ataque. Para pequeños diámetros se utilizan máquinas que por efecto de una percusión continua transmitida a través de una serie de barras, forman el agujero, existen también los martillos neumáticos que presentan la ventaja de producir la percusión directamente en el fondo de la perforación.

Para diámetros mayores se emplean equipos de percusión cuya operación consiste en levantar y dejar caer sistemáticamente una herramienta de golpe llamada 'pulseta', limpiando después el pozo con una cuchara y utilizando un cincel pesado denominado trépano cuando se atraviesan materiales duros.

Los equipos rotatorios de perforación basan su operación en la transmisión de un par motriz a una barra (kelly) en cuyo extremo inferior se encuentra

dispositivo cortador que penetra en el terreno a base de rotación.

Para la construcción de pilas de cimentación se emplean generalmente dos tipos de perforadoras con sistema rotatorio, según estén sobre una grúa (fig. 4.8) o que se monten sobre un camión (fig.4.9).

En estas máquinas la barra de perforación denominada comúnmente 'barretón', puede ser de una sola pieza o bien telescópica de varias secciones.

MARCA	MODELO	TIPO	PAR Kg-m.	Ø PERFORADO		PROFUNDI- DAD m.
				MIN	MAS	
Calweld	200 b	s/camión		0.30	1.20	26.0
Watson	2000	s/camión	10 778	0.30	1.50	32.0
Watson	3000	s/camión	13 825	0.30	1.50	32.0
Soilmec	RTA/S	s/camión	10 500	0.30	1.50	32.0
Watson	5000	s/camión	18 400	0.30	2.00	35.0
Sanwa	D40K	s/grúa	1 840	0.30	0.60	40.0
Casagrande	CBR120/38	s/grúa	12 000	0.45	1.50	32.0
Casagrande	CBR120	s/grúa	12 000	0.45	1.50	32.0
Casagrande	CADRILL 12	s/grúa	12 000	0.45	2.00	42.0
Casagrande	CADRILL 21	s/grúa	21 000	0.45	2.50	42.0
Soilmec	RT3/S	s/grúa	21 000	0.50	2.50	42.0

TABLA 4.2 PERFORADORAS DE USO FRECUENTE EN MEXICO

También se pueden excavar pilas de sección rectangular, oblonga o alguna combinación de estas secciones mediante almejas hidráulicas guiadas, integradas por dos quijadas móviles que se accionan con cilindros hidráulicos (fig. 4.10) adosados en la parte inferior de un barretón o Kelly rígido, de una pieza o telescópico (fig. 4.11).

La presión hidráulica del sistema se genera mediante una unidad de potencia que al igual que el equipo de excavación se monta sobre una grúa móvil

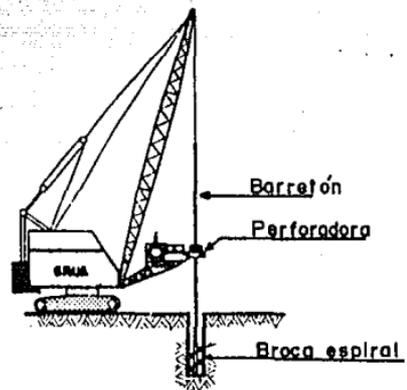


Fig. 4.8. Perforadora montada sobre grua.

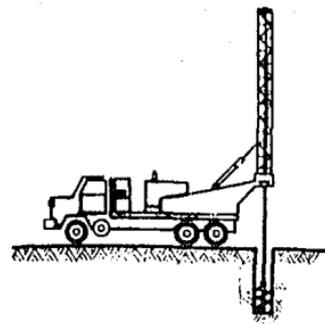


Fig. 4.9 Perforadora montada sobre camión

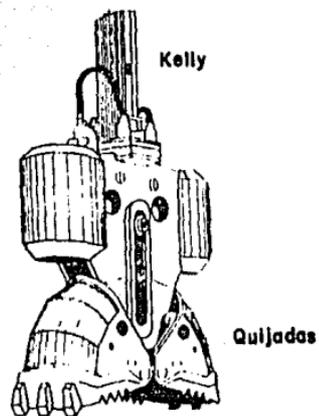


Fig. 4.10 Almeja hidráulica
para excavaciones oblongas

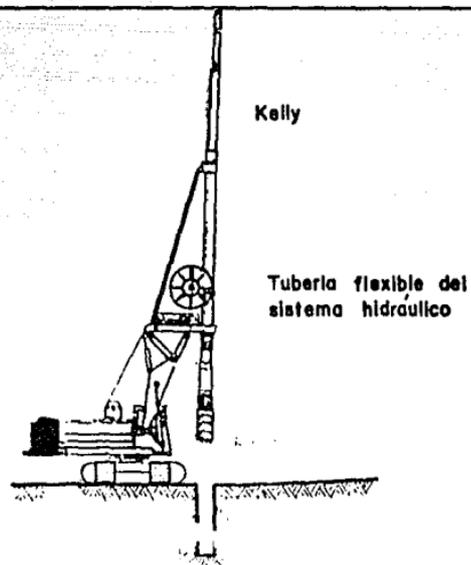


Fig. 4.11 Almeja hidráulica
guiada, montada sobre equipo de excavación

de orugas con capacidad de 45 Ton.

c) VIBROHINCADORES.- Los vibrohincadores (fig.4.12) también llamados martillos vibratorios, son máquinas diseñadas para llevar a cabo el hincado o extracción de tubos o perfiles de acero en el subsuelo, como puede ser en el caso de ademes para pilas o el caso de tablestacas de acero o concreto.

El vibrohincador toma su energía de una unidad de potencia formada por un motor de combustión interna de diesel que acciona un generador eléctrico o una bomba hidráulica, según el generador de vibraciones, a base de contrapesos excéntricos de rotación contraria, opere con motores eléctricos o hidráulicos respectivamente.

Con un sistema de control remoto se arranca o para el generador de vibraciones y se accionan mordazas hidráulicas para sujetar los tubos o perfiles, o bien pueden ser tablestacas de acero o concreto durante su hincado.

MARCA	MODELO	PESO Kg	MOMENTO EXCENTRICO kg-m	FRECUENCIA MAXIMA rpm
ICE	116	1 542	7.0	1 600
ICE	216	2 050	11.5	1 600
ICE	416	5 400	20.7	1 600
ICE	815	6 670	46.1	1 500
ICE	1 412	11 800	115.2	1 250
TOMEN VIBRO	VM2-402A	3 522	-	1 300
TOMEN VIBRO	VM2-500	5 100	-	1 800
TOMEN VIBRO	VM4-10000	8 450	-	1 100
TOMEN VIBRO	VM2-25000A	7 590	200.0	620
MULLER	MS-5 HV	800	5.8	1 762
MULLER	MS-20H	2 700	20.0	1 762
MULLER	MS-50H	6 500	50.0	1 653
MULLER	MS-60E	7 200	71.0	1 500

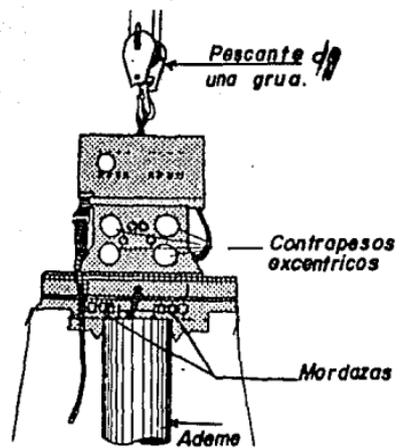


Fig. 4.1.2. Vibrohincador

MARCA	MODELO	PESO kg	MOMENTO EXCENTRICO Kg-m	FRECUENCIA MAXIMA rpm
MULLER	MS-60E TWIN	20 000	142.0	1 500
PTC	102A2	2 350	-	1 140
PTC	20A2	3 700	-	1 100
PTC	40A2	7 400	-	1 045

TABLA 4.3 VIBROHINCADORES CONOCIDOS EN MEXICO

Las principales herramientas que acopladas a los equipos de perforación y que permiten formar los barrenos en el subsuelo, son las brocas, los botes y los trépanos.

d) EQUIPO DIVERSO.- Las perforadoras rotatorias emplean brocas espirales, botes cortadores, botes ampliadores para la formación de campanas en la base de la pila y trépanos.

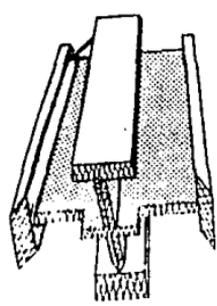
d.1 Las brocas espirales (fig.4.13) pueden ser cilíndricas o cónicas y están formadas por una hélice colocada alrededor de una barra central, los elementos de corte están constituidos por dientes o cuchillas de acero de alta resistencia colocadas en su extremo inferior. Estas brocas tienen una caja en donde penetra la punta del barretón o kelly para su acoplamiento, siendo fijadas por un perno o seguro.

d.2 Los botes cortadores (fig. 4.14) son cilindros de acero con una tapa articulada en la base. En esta tapa se localizan los elementos de corte además de unas trampas que permiten la entrada del material cortado pero que impiden su salida.

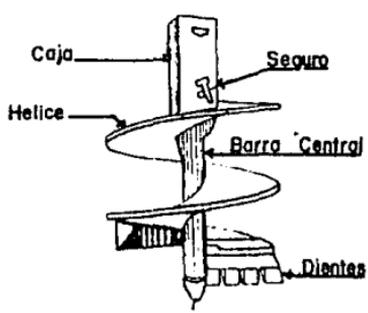
d.3 Los botes corona son cilindros abiertos que tienen en su borde inferior, dientes de alta resistencia o insertos de carburo de tungsteno.



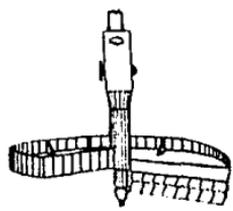
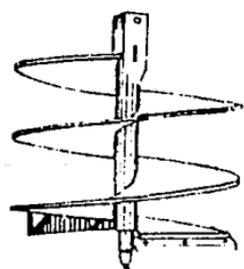
Conicas



Trepano

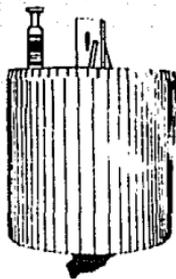


Cilindricas

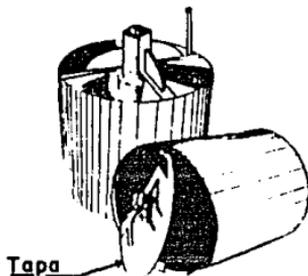


Espirales

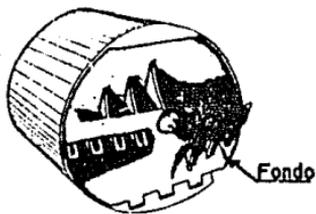
Fig. 4.13 Brocas Espirales



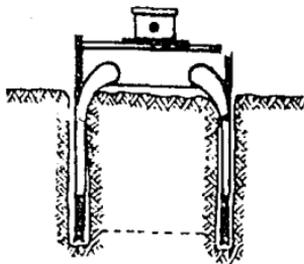
Vista lateral



Tapa



Fondo



Bote corona

Fig. 4.14 Botes Cortadores

d.4 Los botes ampliadores (fig. 4.15) llamados también botes campana, son cilindros de acero similares a los botes cortadores, pero que tienen un dispositivo formado por uno o dos alerones cortadores que van sobresaliendo del bote a medida que van cortando el material en el fondo de la perforación, formando así la ampliación de la base de la pila.

d.5 Los trépanos son herramientas de acero de gran peso que trabajan a percusión dejándolas caer libremente desde cierta altura.

Para la perforación se deberá emplear el equipo y los métodos constructivos que garanticen la localización precisa de la perforación para la pila, su verticalidad, que el suelo adyacente a la excavación no se altere mayormente y que se obtenga un agujero limpio, que tenga y conserve las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.

4.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PILOTES DE CONCRETO PREFABRICADO.

Para la fabricación de pilotes de concreto se deben establecer ciertos requisitos mínimos así como procedimientos básicos de construcción para poder satisfacer los requisitos de diseño cualquier condición, ya sea que se fabrique en planta o en el sitio de la obra.

Los pilotes de concreto se fabrican en áreas previamente acondicionadas para el caso, que resultan ser mesas de colado.

El tipo de construcción, tamaño, disposición, cantidad y localización de las mesas de colado, variará según los requerimientos y condiciones del proyecto que se tenga que llevar a cabo.

Las mesas de colado de pilotes estarán dispuestas

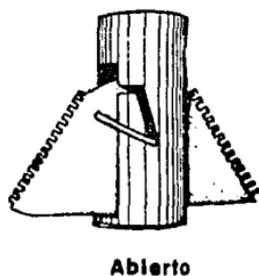
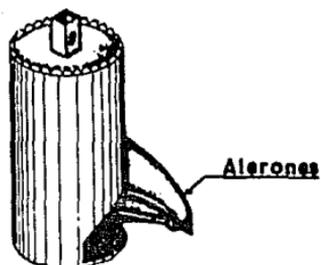


Fig. 4.15 Botes ampladores

en tal forma que al realizarse el colado de los pilotes pueda efectuarse de manera que éstos no sufran deformación y que cuando se requiera manejarlos ya sea para llevarlos al lugar de hincado o de almacenaje, no sufran deterioros.

Cuando se requieren cantidades considerables de pilotes y no se dispone en la localidad suficientes áreas para instalar las mesas de colado, los pilotes podrán construirse unos sobre otros en los niveles que se requiera, teniendo en cuenta que las mesas de colado deberán fabricarse en tal forma que resistan el peso de las capas de pilotes que se construyan sobre ellas, y el equipo con el que se manejan éstos.

Las mesas de colado son plataformas de concreto de 5 a 10 cm. de espesor colados sobre una base de material compactado, que sirven para el apoyo y fijación de los moldes para fabricación de pilotes, para esto último, tienen integrados algunos elementos de madera o metal que ayudan a la fijación de cimbras.

La figura 4.1.1 muestra una secuencia de colado de pilotes.

Los moldes son utensilios que reciben al concreto y que generalmente se forman a base de tableros de madera, triplay, lámina o sus combinaciones, que permiten darle al pilote la dimensión requerida. Además los moldes deben estar diseñados para soportar las presiones del concreto durante el colado y vibrado y ser suficientemente rígidos para conservar su forma sin alteraciones.

Antes de proceder al colado es recomendable colocar un recubrimiento en la superficie de contacto de la cimbra para facilitar su despegue el cual puede

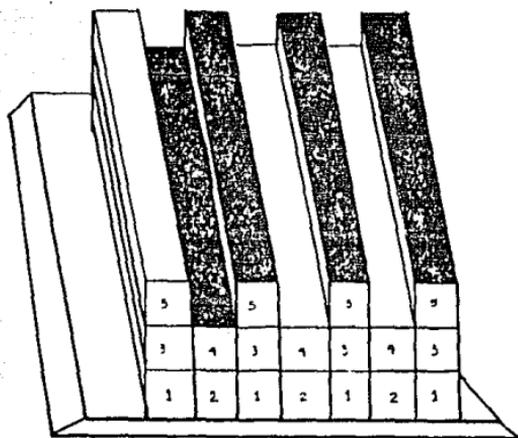


FIG. 4.1.1 SECUCENCIA DEL COLADO DE PILES

ser parafina con diesel, polietileno, etc.

El acero de refuerzo se debe colocar con precisión y protegerse adecuadamente contra la oxidación y otro tipo de corrosión antes y después de colar el concreto. Todo el acero de refuerzo debe estar libre de costras de óxido, suciedad, grasa u otros lubricantes o sustancias que pudieran limitar su adherencia al concreto.

Para pilotes de concreto en contacto con agua dulce o aire, se recomienda usar cemento tipo I, II, III o IV, mientras que para un ambiente marino se recomienda el tipo II y V, los cuales presentan una mayor resistencia al ataque de sales del agua de mar. Cuando no se dispone del cemento tipo II, se empleará cemento tipo I, pero se le deberá adicionar puzzolana.

En ningún caso el agua debe tener impurezas en cantidad tal que ocasione cambios en el tiempo de fraguado del cemento portland de más de 25%, o una reducción de la resistencia a la compresión del mortero a los 14 días, de más del 10% en comparación con el agua destilada.

Se recomienda el empleo de aditivos inclusores de aire en pilotes sometidos a ambientes marinos. Se recomienda que el contenido de aire en el concreto sea de 4 a 8 %.

El volumen óptimo de agua de mezclado es en realidad la menor cantidad que pueda producir una mezcla plástica y alcanzar la trabajabilidad deseada para la colocación más eficiente del concreto, ya que la durabilidad del producto terminado disminuye al aumentar la relación agua cemento.

Se recomienda limitar el revenimiento de una

mezcla de concreto a un mínimo compatible con los requerimientos a un valor de 0 a 7.5 cm. para pilotes precolados.

Se deberá efectuar cuando menos una serie de pruebas de compresión en cilindros por cada 15 m³ de concreto colado y no menos de dos especímenes individuales. Los especímenes cilíndricos deberán curarse bajo las mismas condiciones que los pilotes de concreto.

El concreto deberá mantenerse arriba de los 10°C y en estado húmedo cuando menos durante 7 días después de su colocación hasta alcanzar la resistencia de proyecto. Los moldes deberán retirarse una vez que el concreto alcance la resistencia suficiente, para evitar deformaciones.

Se recomiendan resistencias del concreto para pilotes de 200 kg/cm², si el hincado se realiza en suelos blandos a medios y de 250 kg/cm² si se trata de suelos medios a duros.

En algunas ocasiones es necesario hincar varios tramos de pilotes para lo cual se han diseñado varios tipos de juntas de unión que van desde la soldadura a tope de dos placas previamente fijadas a los tramos del pilote hasta mecanismos más sofisticados. En las figuras 4.1.2 y 4.1.3 se presentan algunas juntas.

Para el despegue, transporte y almacenaje de los pilotes han sido preparados ciertos puntos a lo largo de los mismos, estructuralmente apropiadas para esas maniobras, pero se tendrá cuidado que no se interfiera el anclaje que se deje en el pilote para poder manejarlo, con el acero de refuerzo. Los puntos de izaje están constituidos por orejas de varillas, cable de acero o placa que se fijan previamen-

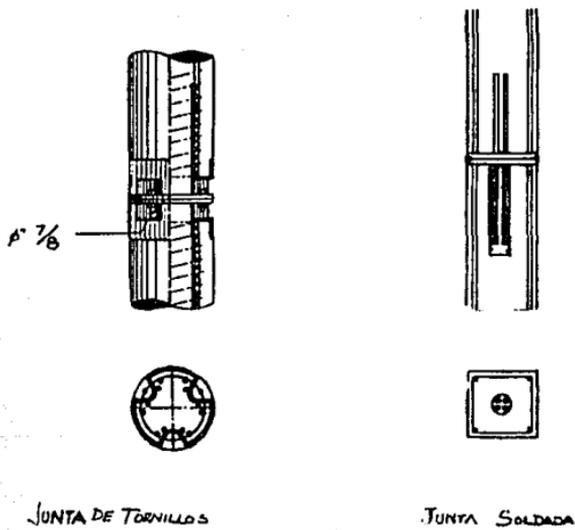


Fig. 4.1.2

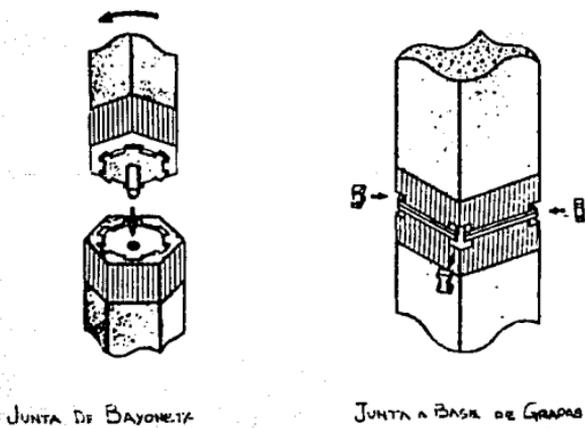


Fig 4.1.3

te en el acero de refuerzo y que quedan ahogadas en el concreto. (fig. 4.1.4)

Para pilotes cortos se pueden manejar mediante un solo punto de izaje, este debe ser colocado a 0.293 L de la cabeza, siendo L la longitud del pilote. Para dos o más apoyos ver la figura 4.1.5.

Después del despegue y transporte de los pilotes de las mesas de colado al lugar de hincado es conveniente:

- Inspeccionar rigurosamente cada pilote, a fin de no emplear pilotes que hubieran sufrido algún daño que los inhabilite.

- En los casos en que se acepten agrietamientos de poca importancia en los pilotes, éstos deberán ser convenientemente resanados por ejemplo con aditivos a base de resinas que se fabrican.

- Colocar marcas a una separación máxima de 1.0 m a todo lo largo del pilote.

- Izar el pilote manejándolo con un estribo apoyado en el punto correcto.

- Colocarlo en el punto correcto de su ubicación o en la perforación previa si existe, de acuerdo con los planos constructivos.

- Orientar las caras del pilote si es requerido.

- Acoplar la cabeza del pilote al gorro del martillo piloteador.

4.1.2 Hincado.

Los martillos son equipos que generan impactos en serie con la caída de un pistón guiado dentro de un cilindro que al comprimir el aire en el interior de la cámara de combustión produce el encendido y explosión súbita del diesel previamente inyectado. La explosión y el impacto de la maza que golpea provocan

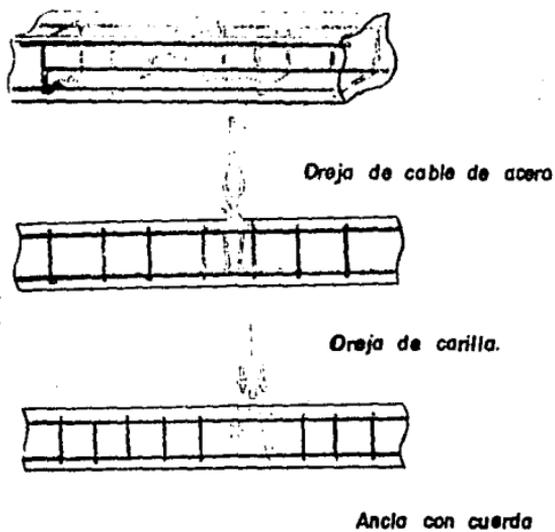


Fig. 4.1.4. Puntos de izaje.

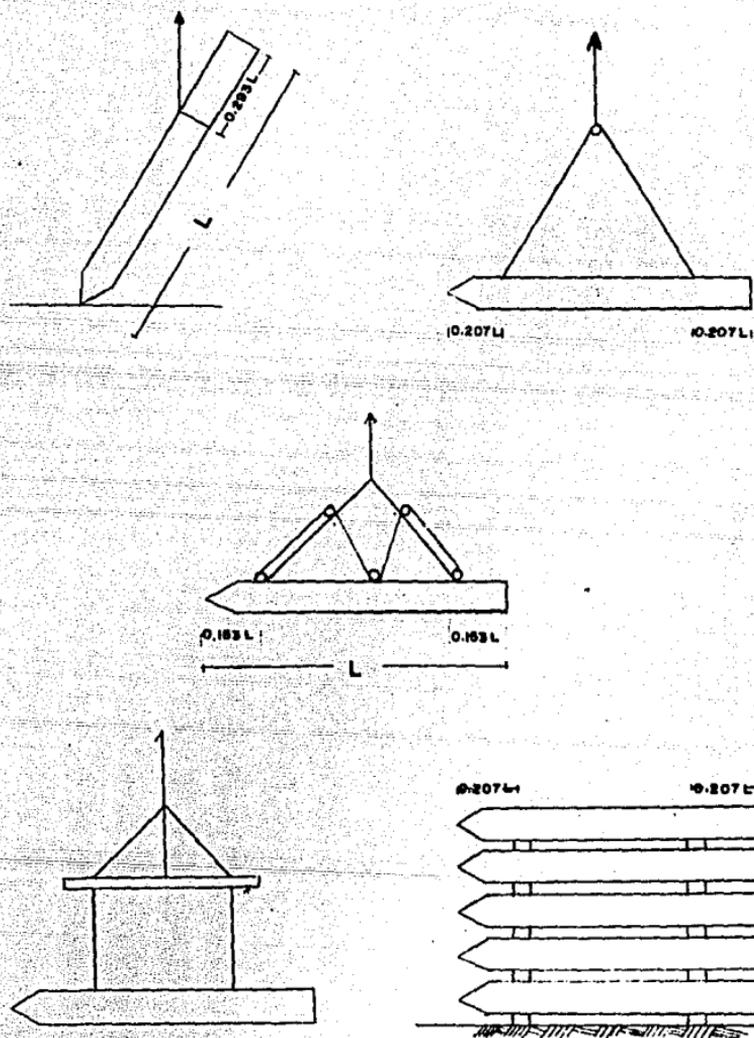


Fig.4.1.5 (a) Puntos de izaje, manejo y estibamiento de pilotes

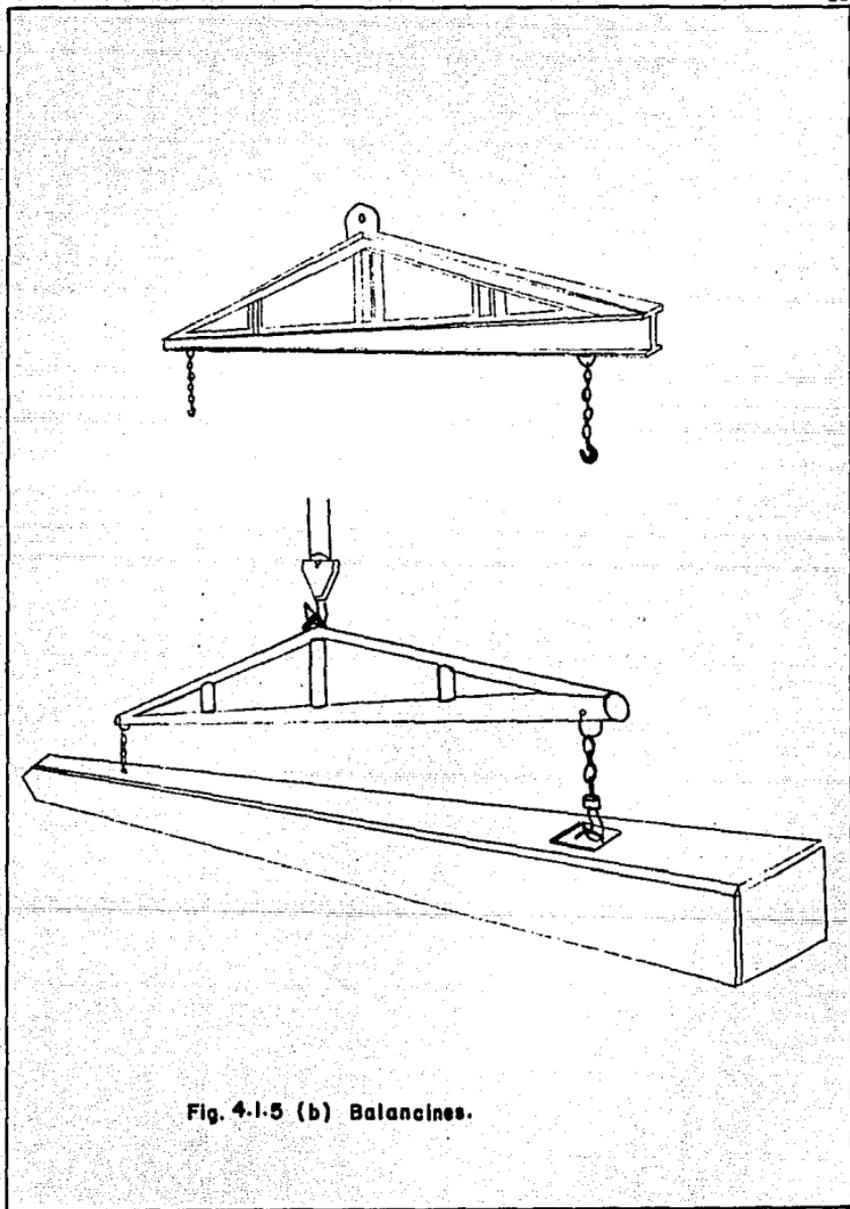


Fig. 4.1-5 (b) Balancines.

la penetración del pilote en el terreno y la expansión de los gases quemados impulsa al pistón hacia arriba y así sucesivamente.

En la figura 4.1.6 se muestran los componentes de un martillo piloteador.

Para el hincado eficiente de pilotes deben seleccionarse martillos con energía y peso del pistón acordes a las dimensiones, pesos y capacidad de carga esperada en ellos, para un problema dado.

Las herramientas para pilotes son aquellos implementos auxiliares empleados para el manejo e hincado de pilotes.

Los gorros de protección sirven para proteger la cabeza de los pilotes durante su hincado, se emplean dispositivos que amortiguan y distribuyen la energía de los impactos sobre la cabeza, evitando daños mayores.

Los gorros de protección están integrados por una estructura monolítica de acero en forma de caja. En la figura 4.1.7 se aprecian algunos arreglos de gorros de protección.

Es importante definir la resistencia a la penetración del pilote al estrato de apoyo, mediante el número mínimo de golpes por penetrar cierta longitud, a fin de evitar el sobrehincado (rechazo) que podría dañar al pilote. Para ello se grafica directamente la recuperación elástica y el asentamiento neto del pilote en el tramo final de hincado. Los pilotes que son hincados por medio de martinetes de impacto, ordinariamente se clavan hasta obtener una resistencia que se mide por el número de golpes necesarios para la penetración en los últimos dos o tres centímetros.

Para pilotes de madera hincados con martinete de vapor que aplican una energía del orden de 2 000

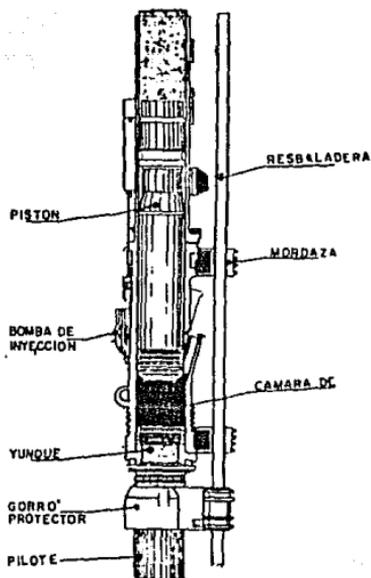


Fig 4.1.6 MARTILLO DIESEL

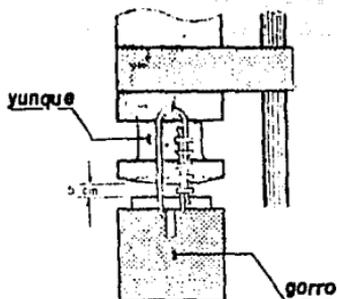
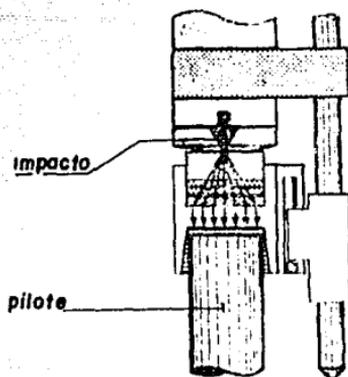
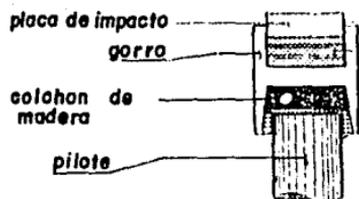
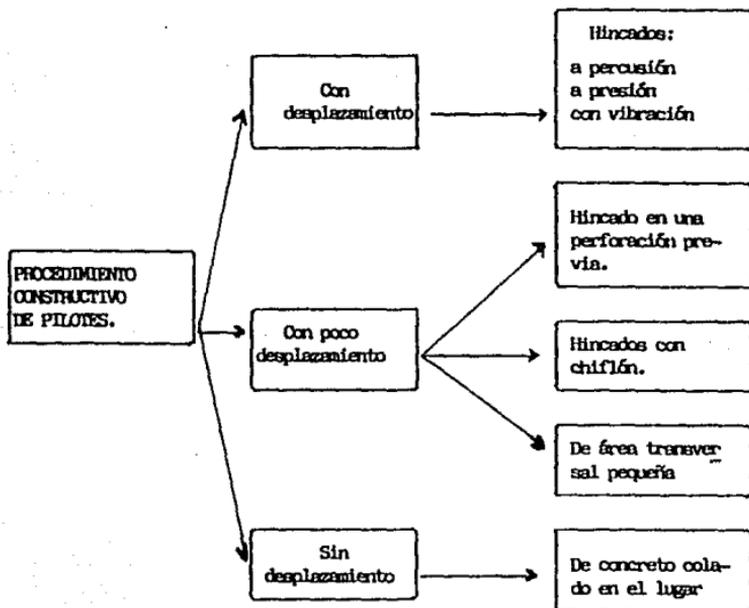


Fig 4.17. Gorros de proteccion

kg-m este número final de golpes no debe ser mayor de 3 a 4 para reducir el peligro de romper o astillar los pilotes. Además es probable que el daño sea menor si se hincan con un martinete diesel, aún con la misma energía.

Comúnmente se especifican resistencias de 6 a 8 golpes en los últimos 2 a 3 cm para pilotes de concreto y acero. El especificar más de 10 golpes usualmente es un requisito excesivo.

El dispositivo de medición consiste de un sistema de referencia horizontal en el que se desliza manualmente un lápiz a cada golpe, para dibujar las deformaciones en un papel resistente adherido al pilote. Esto se hace en series de 10 golpes para definir la penetración final en mm/golpe, repitiendo de 3 a 5 veces la observación.



CLASIFICACION DE PILOTES SEGUN SU PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Se han desarrollado numerosos procedimientos constructivos para fabricar pilas y pilotes. Pero debe observarse que las pilas siempre se fabrican de concreto reforzado, colado en el sitio con una perforación previamente realizada y por ello caen únicamente dentro del tipo sin desplazamiento. En cambio los pilotes pueden ser: con desplazamiento cuando desplaza un volumen de suelo igual al del pilote al ser hincados, con poco desplazamiento que pueden ser pilotes con una perforación previa de menor area que la del mismo pilote, pilotes de área transversal reducida como los perfiles de acero de sección I, o pilotes hincados con ayuda de un chiflón, y sin desplazamiento.

4.1.3 Procedimiento constructivo de pilotes con desplazamiento.

Pilotes hincados a percusión: Este procedimiento es el de uso más común y consiste en hincar a percusión los pilotes con ayuda de un martillo de impacto.

Usualmente el pilote se sostiene verticalmente o con la inclinación necesaria con una estructura guía en la que desliza el martillo durante la maniobra.

Cuando no es posible utilizar una estructura guía de hincado por restricciones de espacio disponible o en obras fuera de la costa, se puede usar una guía colgante sostenida por la pluma de una grúa y unos cables.

4.1.4 Procedimiento constructivo de pilotes con poco desplazamiento.

Pilotes hincados con chiflón:

Este procedimiento se utiliza para disminuir el volumen de suelo desplazado durante el hincado de pilo

tes en arenas. Este proceso consiste en aplicar dos efectos simultáneos, el de un chiflón de agua a presión que descarga en la punta del pilote, el cual erosiona y transporta a la superficie parte de la arena, combinado con los impactos de martillo o la excitación de un vibrador para movilizar el pilote, figuras 4.1.4.1 y 4.1.4.2. Adicionalmente puede circular aire a presión para facilitar la extracción del agua. En pilotes de varios tramos hay dificultades en la continuidad del chiflón. El martinete debe usarse una vez que ha dejado de operar el chiflón, uno o dos metros antes de llegar al nivel de desplante para alcanzar el rechazo.

4.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PILAS.

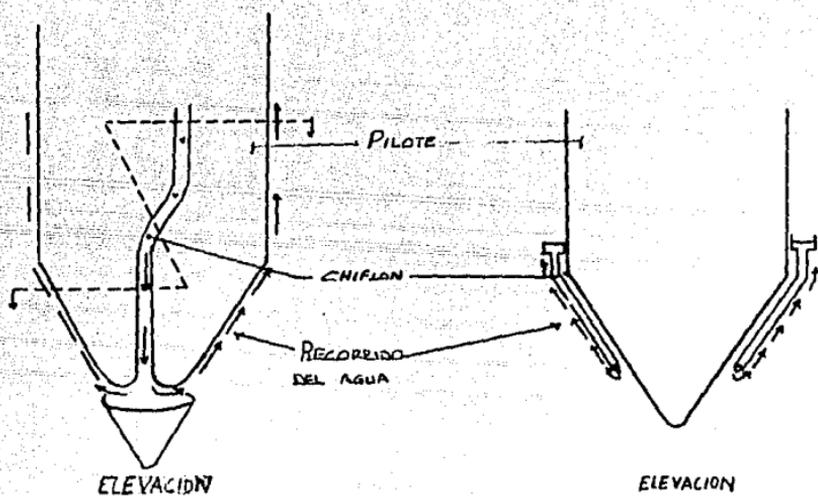
4.2.1 Excavación.

La perforación es el paso inicial en la construcción de las pilas y consiste en formar el agujero en el subsuelo, donde posteriormente se deposita el material que formará a la pila en sí, sea éste concreto reforzado, concreto simple, et.

Un aspecto de gran relevancia se refiere a la estabilidad que presentan las paredes de la perforación durante la excavación, debiendo decidir para ello si deben o no ser protegidas para evitar derrumbes o cerramientos.

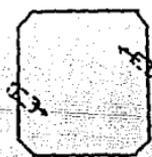
Durante la perforación del pozo se debe verificar la verticalidad de las paredes, ya que cuando la herramienta de avance encuentra obstrucciones tales como boleas tiende a desviarse la verticalidad inclinándose el barreno.

En suelos firmes y duros no será necesario el ademe a menos que sea como medida de seguridad para la inspección del barreno.



planta

PILOTE CON CHIFLON
INTERIOR



planta

PILOTE CON CHIFLON
LATERAL

Fig 1.1.4.2 UBICACION DE CHIFLONES EN PILOTES

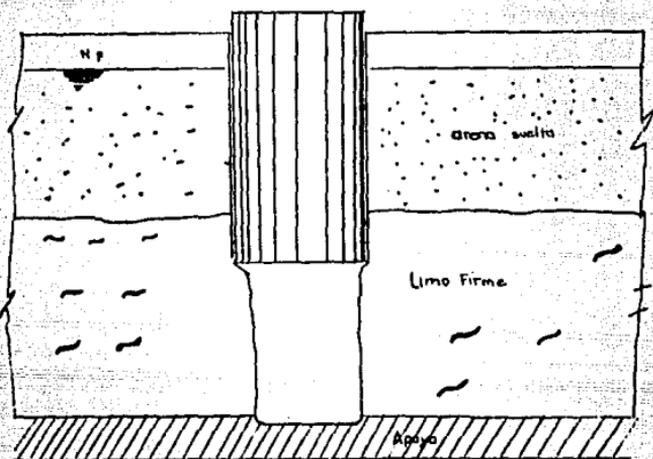
Los ademes metálicos son tubos de diámetro acorde al de la perforación requerida para la pila. El espesor de la pared del tubo es función de los esfuerzos a que estará sometida durante su hincado y extracción, y su longitud depende de los problemas de inestabilidad particulares en cada caso.

El ademe metálico puede hincarse a una profundidad somera para proteger el inicio de la perforación de la pila, como en el caso de una arena limpia con o sin nivel freático, apoyado sobre el suelo estable o bien hincarse toda la longitud de la pila si el manto de la arena es cuando menos igual a la profundidad de aquella (fig. 4.2.1).

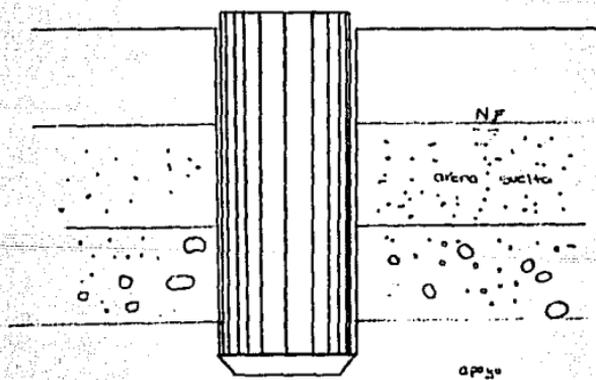
El hincado del tubo ademe, puede efectuarse mediante el empleo de un martillo golpeador o vibrohincador (ver. fig. 4.1 2), siendo en una sola operación o en varias, haciendo varios ciclos de perforaciones cortas alternadas con la colocación de tramos de ademe soldados a tope hasta lograr la longitud requerida la extracción del material del interior del tubo se puede realizar con alguna herramienta apropiada para el tipo y condiciones del suelo, por ejemplo un bote cortador.

La operación para el hincado de un tubo ademe, se inicia cuando el vibrohincador se amordaza al borde superior de aquel, después basta colocarlo verticalmente en el sitio indicado y dejarlo que penetre hasta su profundidad de proyecto por medio de la aplicación de vibraciones aprovechando además el peso del martillo vibratorio y del mismo tubo.

Para la extracción del tubo ademe se aplica hacia arriba el tiro de la grúa a la vez que se tiene en funcionamiento el martillo vibratorio.



HINCADO PARCIAL



HINCADO TOTAL

FIG 4.2.1 ADEMÁS DE TUBOS DE ARENA

Durante el proceso de perforación el lodo se emplea para:

- Estabilizar las paredes, formando una película plástica e impermeable producida por la depositación de partículas sólidas del lodo al filtrarse éste a través de las paredes de perforación.

- Remover o transportar recortes del suelo, ya que al entrar en operación el equipo de perforación, se producen recortes de material excavado que son removidos del fondo y transportados hasta la superficie debido a la circulación del lodo.

- Contrarrestar subpresiones, que se presentan por gases, artesianismo, etc., para ello es necesario la adición de materiales inertes pesados tal como la barita.

Cuando se contamina la arcilla con el lodo, la regeneración del lodo se realiza agregando agua para diluir la mezcla.

Se han desarrollado algunas técnicas para separar la arena del lodo:

- El empleo de tanques de sedimentación, hacia los cuales se envía el lodo, dejándolo en reposo un período de tiempo suficiente para que ocurra la separación por simple sedimentación.

- El uso de mallas vibratorias de diferentes aberturas colocadas en serie (una sobre otra) o en paralelo (una a continuación de otra) a las que un motor transmite vibraciones facilitando el uso del lodo a través de ellas.

- La aplicación de hidrociclones para la separación de arenas, cuya función es separar la fracción fina de sólidos que no fue posible retener en mallas.

4.2.2 Habilidad y colocación de acero de refuerzo.

El acero de refuerzo debe habilitarse (cortado, doblado), armarse y colocarse apegándose a las instrucciones señaladas en los planos.

Cuando por el espacio disponible no es posible dar la longitud necesaria para desarrollar el esfuerzo de adherencia entre el concreto y el acero, se recurre a la técnica de efectuar dobleces en el extremo de la varilla, a fin de formar ganchos o bien escuadras.

Cuando las necesidades de la obra, según su procedimiento constructivo, el acero de refuerzo debe armarse en un sitio para posteriormente colocarlo en una cimbra o dentro de una perforación para pila, además del acero especificado para cumplir con los requisitos estructurales, debe colocarse refuerzo adicional a manera de formar armaduras que permitan el manejo del acero de refuerzo, sin que se presenten deformaciones, movimiento o desplazamientos del lugar que ocupará dicho refuerzo en el futuro elemento de concreto.

La colocación y manejo del acero de refuerzo se lleva a cabo con grúas dependiendo éste del tipo y condiciones del terreno donde se realiza el trabajo (ver. fig. 4.4 a 4.7).

4.2.3 Colocación de concreto.

Además de los requisitos de calidad que deben de cumplir los materiales que intervienen en la fabricación del concreto, se deben considerar:

- Tamaño del agregado. Se recomienda que el tamaño máximo de los agregados no sea mayor de 2/3 partes de la abertura mínima entre el acero de refuerzo o el espesor de recubrimiento.

- Revenimiento. Para lograr óptimos resultados en el colado, es fundamental el buen proporcionamiento de la mezcla de concreto.

- Aditivos.- No se recomienda el uso de acelerante de fraguado, los retardantes pueden ser útiles en ciertos casos y los fluidificantes también.

Para la construcción de cimientos profundos colados en sitio como son las pilas se mencionarán tres métodos de construcción y de los cuales puede haber cientos de variantes.

El método colado en seco puede aplicarse en suelos sobre el nivel freático donde no existe el peligro de derrumbe o socavación al perforar el pozo hasta el fondo. En algunos casos puede emplearse el método en suelos arenosos arriba del nivel freático si son cohesivos o si una cohesión aparente le permite sostenerse durante cierto lapso.

También este método puede aplicarse para suelos debajo del nivel freático, si la permeabilidad es tal que la filtración en el pozo es mínima mientras permanece abierto.

El primer paso es colocar el equipo de perforación en el sitio adecuado y la selección apropiada de la broca y barrena para iniciar la excavación. Se efectúa la barrenación hasta la profundidad total, depositando el material excavado en un lugar conveniente para su remoción posterior.

Antes de iniciar el colado del concreto, limpiar el fondo del pozo eliminando recortes o azolves.

El punto en común de los diferentes métodos en la colocación en seco del concreto es evitar la segregación.

Cuando la perforación está totalmente libre de agua y su sección transversal permite el colado, se puede realizar por medio de recipientes especiales o 'bachas' que descargan por el fondo, las cuales

se movilizan con la ayuda de malacates o bien con grúas. En la fig. 4.2.3.1 se muestra un esquema del funcionamiento de una bacha.

También se pueden utilizar tuberías de conos, segmentadas llamadas comúnmente 'trompas de elefante' (fig. 4.2.3.2), o bien bombas para concreto.

El método del ademe es aplicable donde las condiciones del suelo implican derrumbes o deformación excesiva del pozo al hacer la excavación.

Si existe un suelo cohesivo cerca de la superficie, de manera que no se presente un riesgo de derrumbe, puede iniciarse la excavación como en el método anterior. Al encontrar el suelo suelto, se introduce una mezcla fluida (lodo) en el pozo y se procede con la excavación, el lodo se mezcla en el lugar, empleando sacos de bentonita seca.

Debe hacerse notar, que el diámetro exterior del ademe debe ser ligeramente menor que el diámetro interior del pozo, mientras menor sea el espacio anular, por supuesto será menor el volumen de concreto, si las especificaciones establecen que el diámetro interior del ademe sea igual al diámetro exterior del cimiento, resultará necesario emplear tubería especial. La tubería para el ademe es más económica si se emplean tamaños nominales en lugar de dimensiones nominales.

Evidentemente no es posible emplear el método del ademe si no se logra el sello o si no existe una formación impermeable a través de la cual pueda perforarse el tramo inferior del pozo.

Si se proyecta introducir acero de refuerzo en las perforaciones, según el método del ademe, éste debe llevarse hasta el fondo. El refuerzo se



Fig. 4.23.1 *Funcionamiento de una Bacha.*

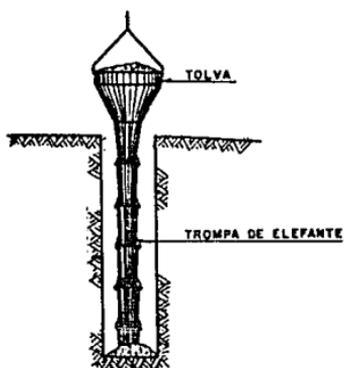


Fig. 4.23.2 *Trompa de elefante.*

diseñará según dos criterios: 1) por requisitos estructurales en cuanto a flexión y acción columnar al estar sometido a la carga de la superestructura, y 2) por requisitos impuestos por la necesidad de mantener la estabilidad del armado durante su colocación y el colado del concreto.

Al colocar el acero de refuerzo debe llenarse en totalidad el pozo con concreto fresco que posea buenas características de flujo. No debe extraerse el ademe hasta que el concreto haya llenado el pozo completamente para evitar los peligros asociados con la ruptura del sello en la base.

Por último tenemos el método de colado bajo agua o lodo, cuando el concreto debe colocarse bajo el agua o bajo lodo bentonítico, se acostumbra a emplear una o varias tuberías estancas (Tremie) de acuerdo con las dimensiones de la pila.

Para su manejo puede estar integrada por varios tramos de 3 m. de longitud como máximo, fácilmente desmontables por lo que se recomienda que tengan cuerdas de listón. Es importante que la tubería sea perfectamente lisa por dentro y es aconsejable que también lo sea por fuera (fig. 4.2.3.3 a). Arriba de la tubería se acopla una tolva para recibir el concreto, de preferencia de forma cónica y un ángulo comprendido entre 60 y 80 grados (fig. 4.2.3.3 b).

Durante la movilización y transporte de los tubos, es recomendable engrasar y proteger sus cuerdas con anillos especiales roscados.

Para realizar con rapidéz las maniobras de acoplamiento y desacoplamiento de la tubería, es conveniente contar con un dispositivo especial para apoyarla y sujetarla (fig. 4.2.3.4).

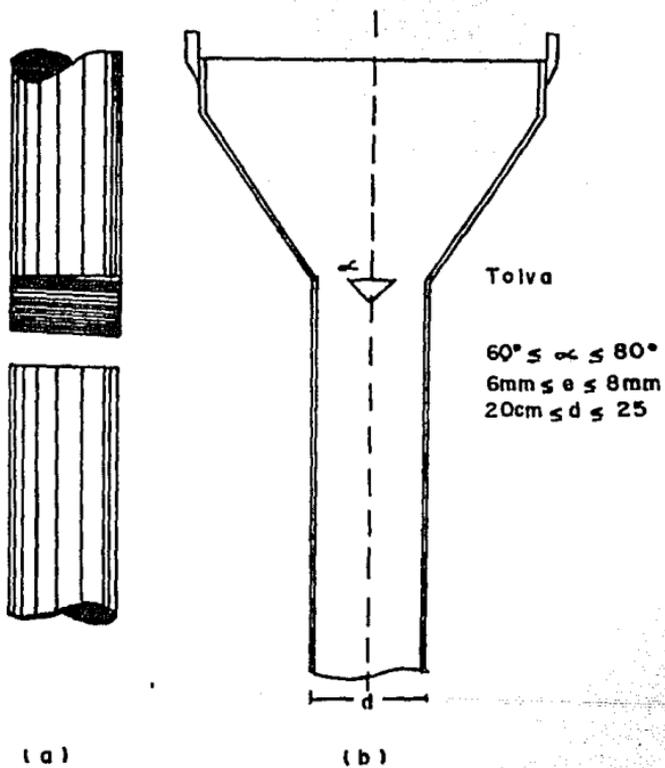


Fig. 4.2.3.3 Tuberia tremle para colados bajo agua o lodo.

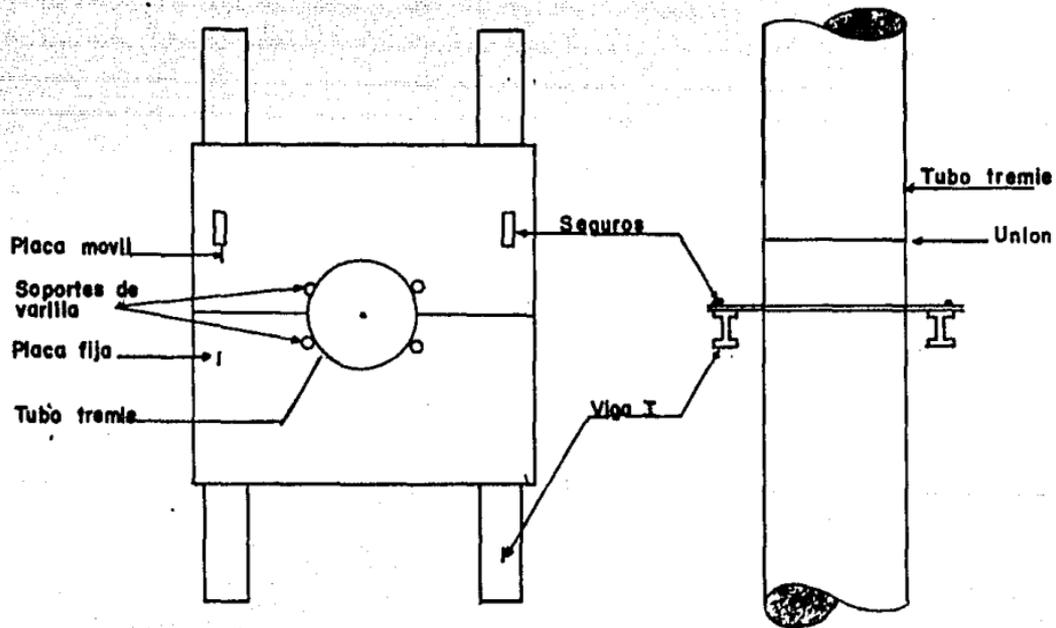


Fig. 4.2.3.4. Dispositivo para sostener la tubería tremie

El proceso de colado con tuberías Tremie siempre busca colocar el concreto a partir del fondo de la perforación dejándolo perfectamente embebido en el fondo de la misma. Así al avanzar el colado tiene lugar un desplazamiento continuo del lodo (o agua) manteniendo una sola superficie de contacto.

Una vez instalada la tubería dentro de la perforación y antes de empezar el colado, es necesario colocarle en su extremo superior un tapón (fig.4.2.3.5) que puede ser una cámara de balón inflada, un atado de volsas vacías de cemento o bentonita, etc.

La operación de colado debe ser realizada en forma codntínua, para evitar que el concreto inicie su fraguado y se provoquen taponamientos.

4.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA TABLESTACAS.

4.3.1 Tablestacas de concreto armado.

Las tablestacas de concreto armado deben emplearse por principio, sólo cuando se tenga la seguridad de que las tablestacas pueden ser hincadas sin sufrir daños y con uniones muy ajustadas.

Las tablestacas de concreto armado se deben construir con hormigón resistente y compacto. La granulometría debe quedar en una zona especialmente buena. Se puede mejorar la granulometría adicionando gravilla seleccionada. La dosificación del cemento que se emplea es de 400 kg/m³ de concreto terminado y la relación agua cemento debe estar comprendida entre 0.45 y 0.48.

El recubrimiento de las armaduras debe ser de 3 cm. por lo menos en agua dulce y 4 cm. en agua salada. Las armaduras requeridas dependen de los esfuerzos a que van a ser sometidas las tablestacas en el transporte, en la hínca y en su funcionamiento de servicio.

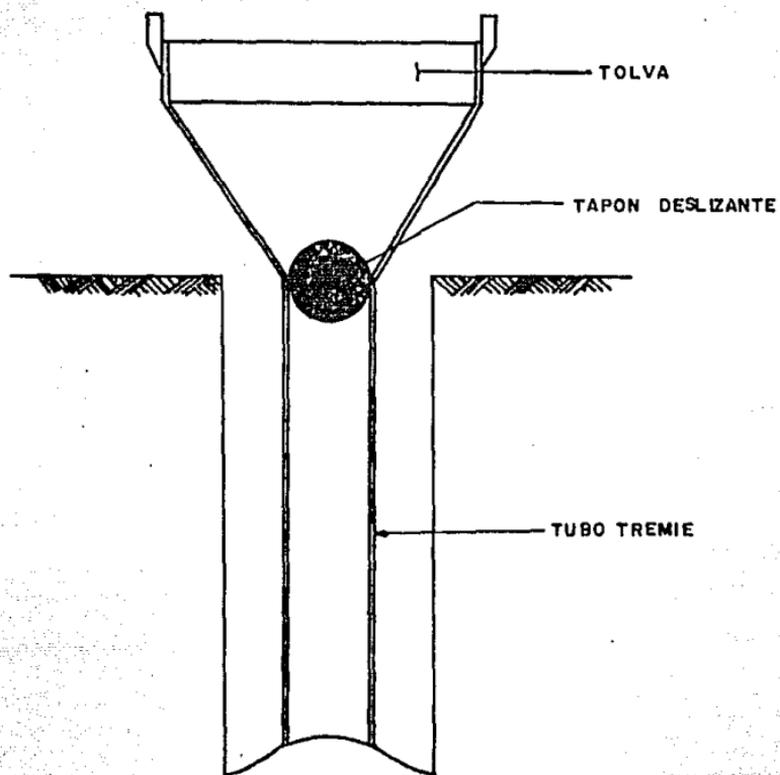


Fig. 4.2.3.5. Colocación de Tapon deslizante o diablo en la tubería Tremie .

Las tablestacas tienen un espesor mínimo de 12 cm. y por razones de peso, en general no debe ser superior a 40 cm. a parte de las condiciones de hinca, el espesor se rige sobre todo por las exigencias estáticas y de construcción. El ancho normal de las tablestacas es de 50cm., pero se reduce si es posible a 34cm. en la cabeza para adecuarla al sombrerete de hinca normal. Las tablestacas se ejecutan hasta 15 m. de largo y en casos excepcionales 20m. hay que tener en cuenta los esfuerzos en el transporte y al ser izadas para la hinca.

Las tablestacas tienen unas muescas en forma trapecial, triangular o semicircular (fig.4.3.1.1). El ancho de la ranura es de hasta $\frac{1}{3}$ del espesor de la tablestaca, pero no mayor de 10 cm. En consideración a las armaduras, las ranuras tienen como máximo 5cm. de profundidad. En general, se suelen emplear ranuras semicirculares en las paredes más delgadas. En la arista de avance, la ranura se extiende a todo lo largo de la tablestaca hasta su extremo inferior. En la arista opuesta, el pie recibe una lengüeta de 1.50 m. que encaja en la ranura. La lengüeta guía el pie de la tablestaca en la hinca. Se puede hacer la lengüeta desde el pie hasta el extremo superior y así ayuda a una buena unión. Solo puede emplearse así cuando la naturaleza del terreno permite que se constituya automáticamente un filtro detrás de cualquier fuga, o sea que la pared se impermeabiliza ella sola.

4.3.2 Hincado de tablestacas de concreto armado.

El pie de la tablestaca se ejecuta con talud 2:1 en la arista de avance, con lo cual la tablestaca se comprime contra la pared ya hincada. Este diseño

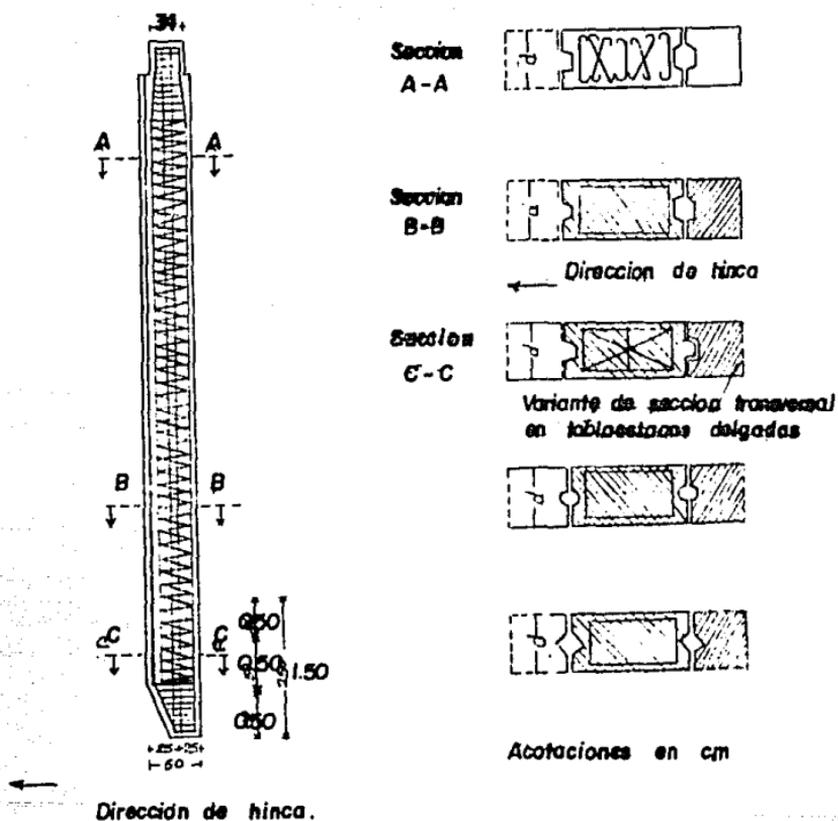


Fig. 4.3.1.1. Tabloestacado de hormigon armado

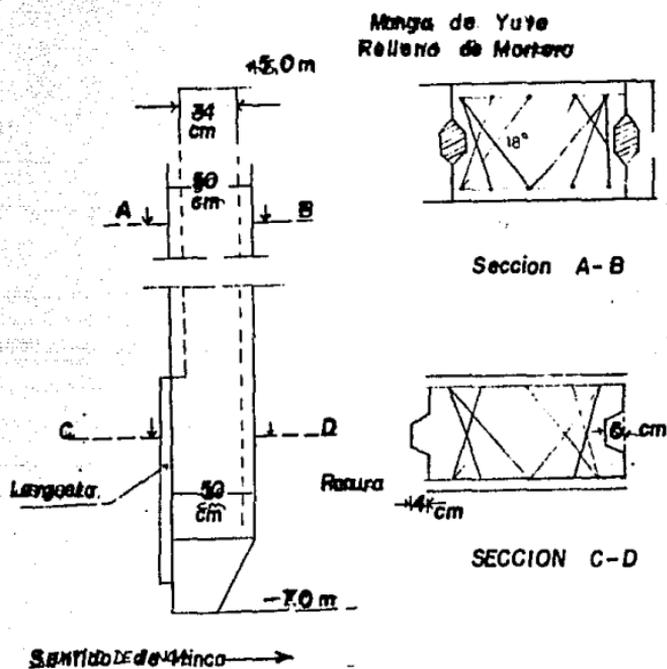


Fig. 4.3.1.2 Tabla estaca de Hormigón Armado

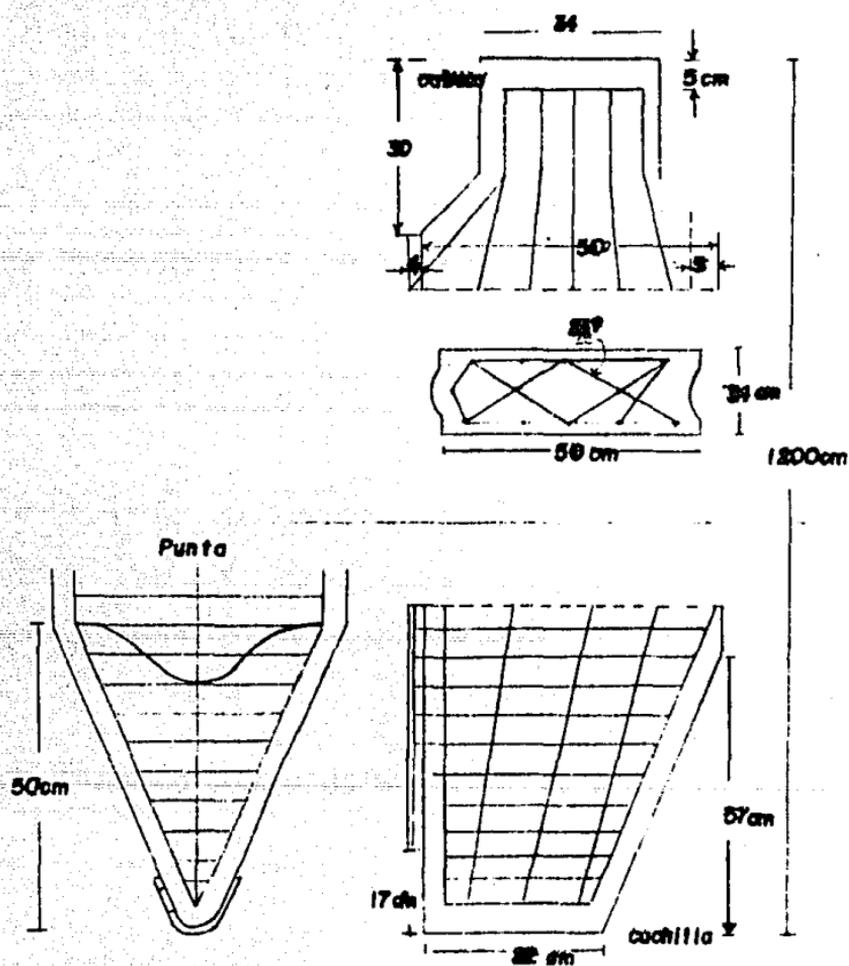


Fig. 4.3.1.3 Tablasaca de hormigon armado

se utiliza también con inyección de agua para arenas finas y suelos limosos. La hincadora se facilita cuando las tablestacas tienen forma de cuña también en la sección transversal del pie. Las tablestacas se hincan siempre de una en una y cuando son del sistema ranura lengüeta, con la parte de la ranura hacia adelante, cuando se hincan con maza (de caída libre, de vapor o de diesel) hay que emplear un sombrerete de hincadora. Este sombrerete debe ajustarse muy bien a la cabeza de la tablestaca. Para proteger la cabeza de la tablestaca se coloca dentro del sombrerete un acolchado de paja, viruta o aserrín. Se deben hincar con mazas lo más pesadas posibles y con altura de caída pequeña (0.50 m. a 1.0 m.); los martinetes son menos apropiados, En suelos de arena fina y aluvión se facilita la hincadora con inyección de agua.

Si la tablestaca tiene una sola lengüeta corta, hay suficiente succión para la colocación de la junta de unión. Antes de su colocación, las ranuras se deben limpiar con un chorro de agua y luego se llenan con un buen mortero. En todo caso la junta se ha de disponer de manera que llene completamente la ranura, sin dejar ningún hueco.

Las tablestacas de concreto armado y de concreto pretensado pueden ser convenientes, sobre todo cuando hay peligro de abrasión por arena y en especial en obras marítimas con aristas salientes.

El equipo que se emplea tanto para el manejo e izado de tablestacas es similar al que se emplea en pilotes, pero para el hincado y extracción de tablestacas se emplean los vibrohincadores.

4.3.3 Tablestacas metálicas.

El empleo de tablestacas metálicas en obra,

requiere una ejecución cuidadosa y bien acabada, y sobre todo un correcto suministro hasta el lugar de instalación del material a utilizar. Para lograr esto último es necesario una especial recepción en obra del material. Además del propio control de la casa suministradora puede ser aconsejable realizar ensayos de recepción en dicha casa de vez en cuando. Para el caso de envíos a ultramar es frecuente realizar una inspección antes del embarque. En la recepción a pie de obra no se debe admitir ninguna tablestaca imperfecta hasta que haya sido reparada satisfactoriamente, a no ser que se rechace del todo.

Las tablestacas metálicas han dado buen resultado en agua dulce desde hace varias décadas, ya que no están expuestas ni a la abrasión por arena ni a ataques químicos. Podr tanto no es necesario ninguna protección especial.

La corrosión más intensa se presenta en general, sólo en aguas estancadas, agresivas y marinas, sobre todo donde haya incrustaciones tales como mejillones, además la costra laminar, actuando como cátodo produce una acción electrolítica, en la que el ánodo es la superficie libre de las laminillas, iniciandose así la corrosión.

Las pinturas protectoras y similares pueden retrasar de cinco a diez años el comienzo de la corrosión y en general reducirla. Deben aplicarse, sin embarco sobre una superficie metálica limpia.

Como medidas constructivas se debe tomar en cuenta que el tablestacado se ha de construir, a ser posible de manera que la zona de mayor corrosión sea la de mendores esfuerzos. A este respecto es preferible un muro simplemente apoyado que uno empotrado

Con relación al ataque por corrosión son especialmente desfavorables aquellas construcciones en las que el respaldo del tablestacado no esté relleno o lo esté solo parcialmente.

No es conveniente usar tablestacas metálicas cuando hay una gran abrasión por arena. En caso necesario pueden emplearse muros de tablestacas de concreto armado o pretensado.

4.3.4 Hincado de tablestacas metálicas.

Para la elección del procedimiento constructivo y del perfil son decisivos, por una parte las solicitudes estáticas y los aspectos económicos y por otra, la ejecución del hincado según las condiciones existentes, los esfuerzos durante la ejecución y el funcionamiento, las flechas admisibles, la impermeabilidad de los enlaces, así como el espesor mínimo requerido de pared. Debe estar garantizada la correcta ejecución del muro, y en caso de obras permanentes, la adecuada durabilidad.

La calidad del acero. Esta recomendación es aplicable a las tablestacas metálicas, perfiles laminados con acanaladuras y pilotes metálicos, en adelante llamados todos ellos tablestacas metálicas.

TIPO DE ACERO	RESISTENCIA A LA TENSION KG/CM ²	LIMITE DE FLUENCIA KG/CM ²	ALARGAMIENTO DE ROTURA EN % MINIMO
St Sp 37	3 700 hasta 4 900	2 400	25
St Sp 45	4 500 hasta 5 400	2 700	22
St Sp S	5 000 hasta 6 000	3 600	22

Tabla 4.2.4.1 Propiedades mecánicas.

Para el control de la composición química es obligatorio el análisis de fusión. El análisis en barras sirve para controles posteriores en caso de duda.

TIPO DE ACERO	ANALISIS DE FUSION	ANALISIS EN BARRAS
St Sp 37	P 0.08	0.10
St Sp 45	S 0.05	0.06
	P 0.06	0.07
	S 0.05	0.06
	C 0.22	0.24
	Si 0.60	0.70
	Mn 1.50	1.65

Tabla 4.3.4.2 Valores máximos en porcentajes de peso.

El comportamiento de un acero durante y después de la soldadura depende no sólo de la materia prima, sino también de las condiciones de ejecución y de funcionamiento del elemento de construcción.

En los enlaces de las tablestacas metálicas son de aplicación las siguientes prescripciones:

a) Las tablestacas por medio de sus pestañas deben ajustarse unas a otras con la holgura suficiente para que puedan deslizarse entre sí con facilidad.

b) Las pestañas deben proyectarse de tal modo que haya un enganche suficiente pese a la holgura y que no peligre la unión aún en el caso de inevitables torceduras.

e) Las pestañas deben enlazarse de forma tal

que puedan transmitirse las compresiones, tensiones y esfuerzos cortantes exigidos para la unión de cálculo.

Las tablestacas metálicas presentan las formas características de pestañas que se muestran en la figura 4.3.4.1. Las dimensiones teóricas indicadas 'a' y 'b' deben medirse perpendicular a la dirección menos favorable al deslizamiento.

En el laminado de las tablestacas o de las pestañas longitudinales se presentan desviaciones de la forma teórica. Las desviaciones permitidas de las medidas teóricas se muestran en la tabla 4.3.4.3.

Forma tipo	Medida teórica (en sección transversal)		Tolerancias de las medidas teóricas		
			Designación	más mm.	menos mm.
1	Anchura del gancho	a	a	1.5	2.5
	Anchura del enlace	b	b	2.0	2.0
2	Anchura de la maza	a	a	1.0	3.0
	Anchura del enlace	b	b	3.0	1.0
3	Altura de la cabeza	a	a	1.0	3.0
	Abertura del enlace	b	b	2.0	1.0
4	Anchura del diente	a	a	2.0	3.0
	Abertura del enlace	b	b	3.0	2.0

Tabla 4.3.4.3 Tabla de tolerancia de laminado de pestañas.

Las juntas de las tablestacas solo saltan ante obstáculos muy importantes o cuando deslizan sobre éstos.

Este peligro existe también en el hincado en arena fina.

a = anchura del gancho

b = abertura del enlace



Tipo 1

a = altura de la masa

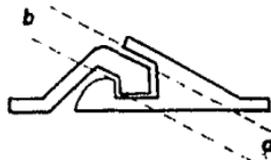
b = abertura del enlace



Tipo 3

a = anchura de la cabeza

b = abertura del enlace



Tipo 2

a = anchura del diente

b = abertura del enlace



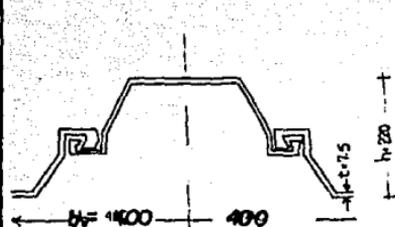
Tipo 4

Fig. 4.3.4.1 Tipos característicos de enlace de tabloestacas metálicas (pestaños)

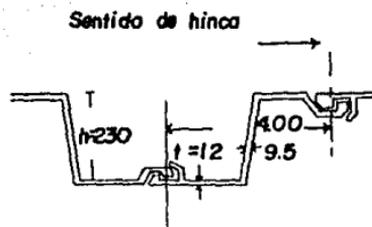
Debido a la elevada resistencia no se dañan tan fácilmente al hincarlas en suelos granulares gruesos e incluso atraviesan la madera, antiguas mamposterías, hormigón y rocas blandas.

La duración de las tablestacas depende del desgaste producido por la hincada y la extracción (deterioro de la cabeza y la punta). Las tablestacas se deterioran cuando la abrasión o la corrosión las debilita de forma que no pueden absorber los esfuerzos existentes.

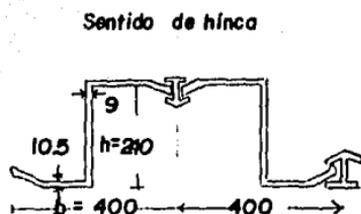
En la figura 4.3.4.2 se muestran perfiles de tablestacas metálicas, y en la tabla 4.3.4.4 se tienen más especificaciones sobre estos perfiles.



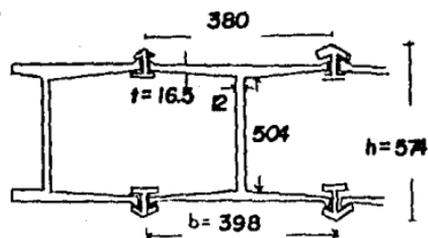
Larsen perfil Ia nuevo
89 kg/m²



Hoesch perfil III
155 kg/m²



Krupp perfil k III
155 kg/m²



Peiner perfil 5005
483 kg/m²

Fig. 4.3.4.2. Perfiles Metalicos

MARCA	DESIGNACION	ANCHO b mm	CANTO h mm	ESPESESOR t mm	PESO/M2 DE PARED KG/M2	MOMENTO RESISTEN TE W PARED CM 3/M	TIPO DE ACERO st-sp	LONGITUDES L m
Hoesch	Perfil I a normal III V	425	160	7	89	600	37 45 50 S	
		400	230	12	155	1 600		
		425	290	18	238	3 000		
Krupp	K S I a K III K VI	430	160	7.8	89	600	37 45 50 S	
		400	240	10.5	155	1 600		
		360	320	22	290	3 900		
Larsen	I a nuevo III nuevo VII	400	220	7.5	89	600	37 45 60 S	5 a 8
		400	290	13	155	1 600		6 16
		460	460	26	310	5 000		18 30
Peiner	Psp 300 S Psp 500 S Psp 700 S	340	374	13	391	6 580	37 45 S	
		398	574	16.5	483	12 550		
		398	772	17.7	576	19 390		

TABLA 4.3.4.4 ESPECIFICACIONES PARA PERFILES DE TABLESTACAS.

4.4 PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y APLICACION.

A continuación se describe la obra y los procedimientos de construcción del Muelle 7 de Tampico.

Datos Generales.

4.4.1 Localización.

La zona portuaria para manejo de carga general del puerto de Tampico, se encuentra localizada sobre la margen izquierda del río Pánuco en el tramo comprendido entre el Canal de la Puntilla y el Muelle de Cabotaje. Se cuenta a la fecha con atraque para 6 embarcaciones de carga general numerados del muelle 1 al 6. La nueva longitud de atraque que se proyectó fué denominado muelle 7.

4.4.2 Dimensiones.

El Muelle 7 constituye la prolongación de los muelles marginales existentes que tiene una longitud aproximada de 185.0 m. La plataforma tiene un ancho de 27.0 m, y quedó integrada a la zona portuaria a todo lo largo de un muro marginal.

4.4.3 Niveles.

Los niveles de la plataforma son los mismos que los del muelle 6 de manera que se logre la continuidad tanto del paramento de atraque como de la vía de ferrocarril. La plataforma tiene una pendiente de 1.0 % para drenaje pluvial. El nivel de referencia es el nivel de marea baja inferior 0.00 m.

4.4.4 Tipo de embarcaciones que atracan.

Eslora	160.0 m.
Manga	20.0 m.
Calado (cargado)	9.10 m.
Calado (lastre)	3.20 m.
Area máx.longitudinal	1 800 m ²
Aproximada debido al- viento.	

Area máx. transversal debido al viento	450 m ²
Desplazamiento	19 500 ton.
Peso muerto	15 000 ton.

Como las profundidades actuales del muelle 7 eran insuficientes para el atraque de barcos mayores de carga general, la profundidad de operación se llevó a la - 10.00 m.

Los muelles existentes cuentan con una vía de ferrocarril sobre la plataforma del muelle.

El muelle 7 se diseñó para dos vías de ferrocarril.

En la parte posterior de los muelles se cuenta con bodegas para el almacenamiento temporal de cargas.

El muelle es utilizado para el manejo de carga general del puerto, y tiene de apoyo a la grúa 6250T-C para carga pesada y para la operación del ferrocarril a 8.55 m. del centro de las vías al paramento de atraque y a 5.0 m. de eje a eje de las vías.

El muelle cuenta con bitas que constituyen el sistema de amarre, las cuales tienen una capacidad de 100 toneladas.

El paramento de atraque consiste en una pantalla de atraque la cual llega hasta la elevación + 3.28 m. referida al nivel de marea baja inferior con elevación 0.00 m. En la cual las defensas del muelle se encuentran a 12.0 m. separadas una de otra. Las defensas son de tipo cilíndrico de hule.

4.4.5 Procedimiento de construcción.

Se utilizaron pilotes de concreto prefabricados, con una resistencia a la compresión simple $F'c$ de 250 kg/cm²., pero en la elaboración de éste se empleó aditivo Sonotard 6050 y Festaire y ambos fueron agregados al agua de la mezcla. El Sonotard es un densificador y plastificante de concretos y morteros y el Festaire

que es un retardador del fraguado inicial.

Con ello se obtuvo una mayor resistencia final ya que la F'c a todas las edades registró incrementos de más del 30% con respecto a la del proyecto; fraguado controlado ya que la temperatura ambiente del lugar es elevada; el uso del Sonotard eliminó el agrietamiento mayor tiempo de manejabilidad al retardarse el fraguado inicial, a su vez disponiéndose de más tiempo para vaciar, colocar, revibrar y acabar el concreto, con superficies más densas, compactas y sin agrietamientos y más resistentes a la abrasión; mayor resistencia al intemperismo y a cambios bruscos de temperatura.

Son de sección cuadrada y su dimensión es de 50 cm. por lado y la profundidad de hinca de éstos varía entre 18.0 y 22.0 m. dependiendo de la ubicación de los mismos.

En este caso los pilotes son prefabricados de concreto, en el cual se empleó cemento portland tipo V para alta resistencia a los sulfatos.

La inclinación de los pilotes fué la siguiente:

Tipo P - 1 10:1 (10 vertical, 1 horizon
tal).

Tipo P - 2 6:1 (6 vertical, 1 horizon
tal).

Tipo P - 3 Verticales.

Esta inclinación de los pilotes se realizó con el empleo de una estructura llamada escantillón. Con este escantillón se evitó que el pilote al ser hincado se desviara de la inclinación de proyecto.

El posicionamiento y nivelación de los pilotes se controló con una brigada de topografía la cual la integran un topógrafo y dos ayudantes.

Los pilotes se hincaron a percusión utilizando un martinete delmag 30, sostenido por una grúa sobre orugas de 60 toneladas montada sobre un chalán principal con zanco de 350 ton., un chalán auxiliar para mover los pilotes y una lancha con motor, en base a esto el hincado se suspendió una vez que se alcanzó el rechazo de 6 mm. en los últimos 10 golpes.

Se utilizaron dispositivos adecuados para levantar los pilotes. Estos dispositivos, así como los puntos que fueron preparados para el despegue y transporte de los pilotes se muestra en las alternativas del plano N° 3.

Para determinar el número de pilotes por día fué necesario tener en cuenta que en este tipo de trabajo con tirante de agua, se obtiene un menor rendimiento que en tierra.

Como el hincado de pilotes es muy variable ya que dadas las condiciones donde se realiza la cimentación en este caso el subsuelo no se le conoce en su totalidad, además se tiene en cuenta el acarreo de pilotes de la cama de colado hasta el chalán, después es llevado hasta la grúa donde se tiene el martinete, y lo más importante que es mantenerlo nivelado por eso es que para estas condiciones se emplea un martinete con grúa oscilante, dados todos estos pasos previos a la hinca se le consideró con un rendimiento de 3 pilotes/día promedio.

Una vez ya hincados los pilotes se procedió a descabezarlos y a preparar su anclaje con la losa según muestra el plano N° 3.

CONCLUSIONES

El transporte marítimo es una actividad económica muy importante para el país.

Los elementos que integran un puerto son diseñados a partir de las solicitudes a que van a estar sometidos, los cuales pueden ser naturales y artificiales.

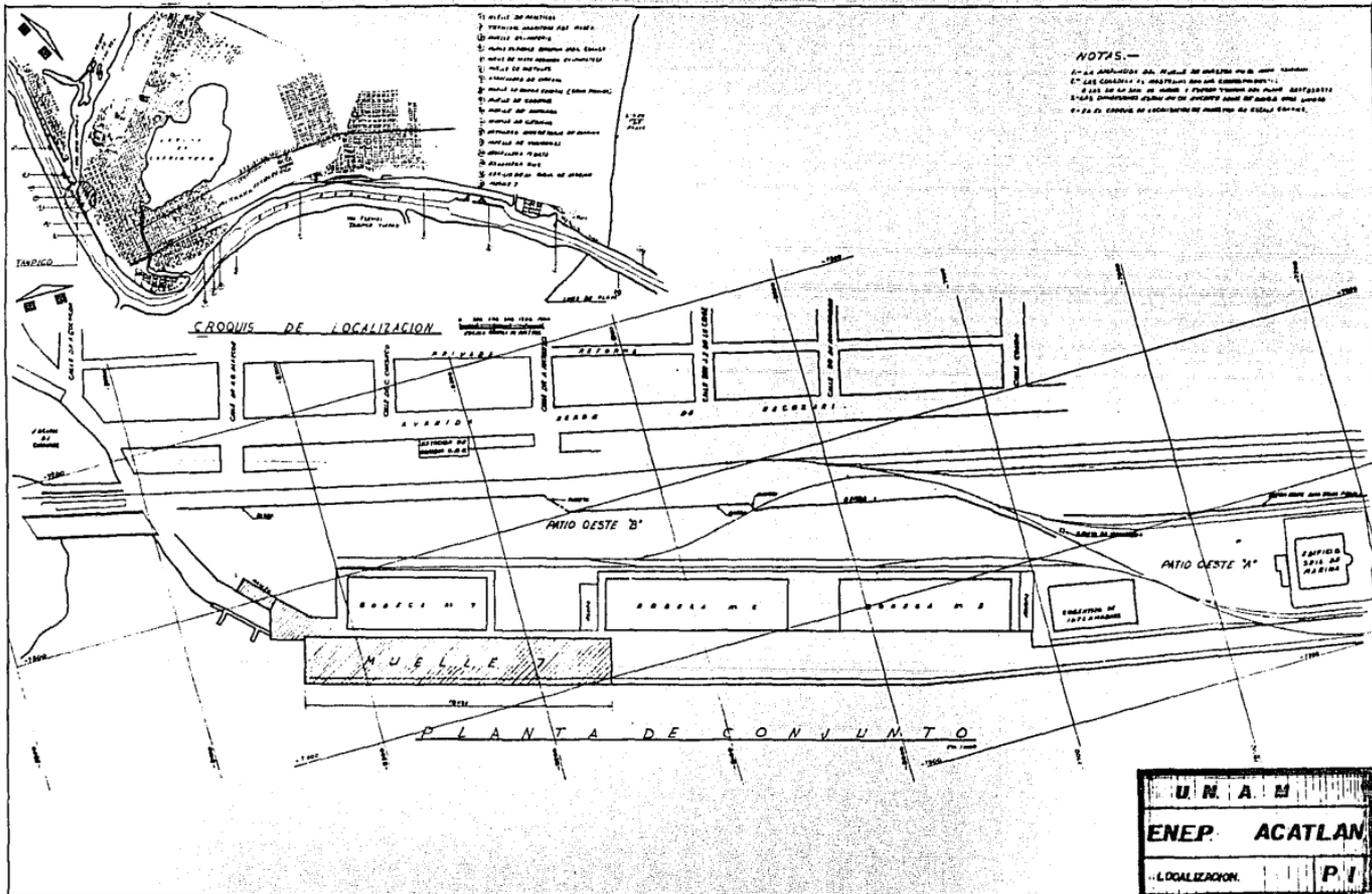
El muelle es un elemento fundamental debido a la función que desempeña en el traslado de pasajeros y al manejo de artículos. Además de ser el nexo entre el transporte marítimo y terrestre, permite el atraque de las embarcaciones, carga y descarga, almacenamiento y buen manejo de las mercancías, por lo que deberá ser seguro.

Una vez definido el tipo de cimentación necesaria se debe emplear el equipo adecuado y los procedimientos de construcción que garanticen un buen comportamiento de la obra ante las condiciones más críticas que puedan presentarse.

A veces es necesario efectuar modificaciones al equipo convencional empleado para ejecutar los trabajos sobre tierra firme para poder llevar a cabo el trabajo en condiciones marinas donde se tenga una fuerte presencia del flujo de agua.

Las perforadoras son máquinas para hacer barrenos en el terreno, por medio de una barra en cuyo extremo se coloca una herramienta de avance tal como una broca, un bote cortador, un trépano, etc. El empleo de estas herramientas de avance dependerá de las condiciones del terreno donde se haga la perforación.

Los vibrohincadores también llamados martillos vibratorios, son máquinas diseñadas para llevar el hincado o extracción de tubos de ademe para pilas



- 1 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 2 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 3 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 4 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 5 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 6 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 7 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 8 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 9 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 10 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 11 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 12 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 13 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 14 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 15 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 16 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 17 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 18 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 19 TIPO DE MANTENIMIENTO
- 20 TIPO DE MANTENIMIENTO

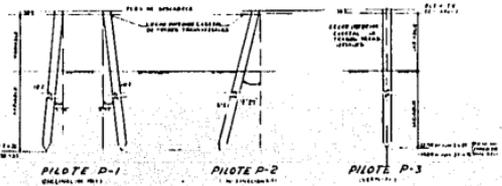
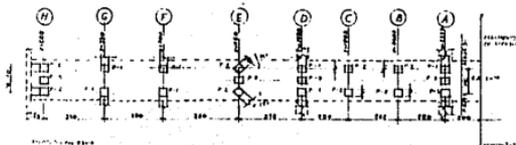
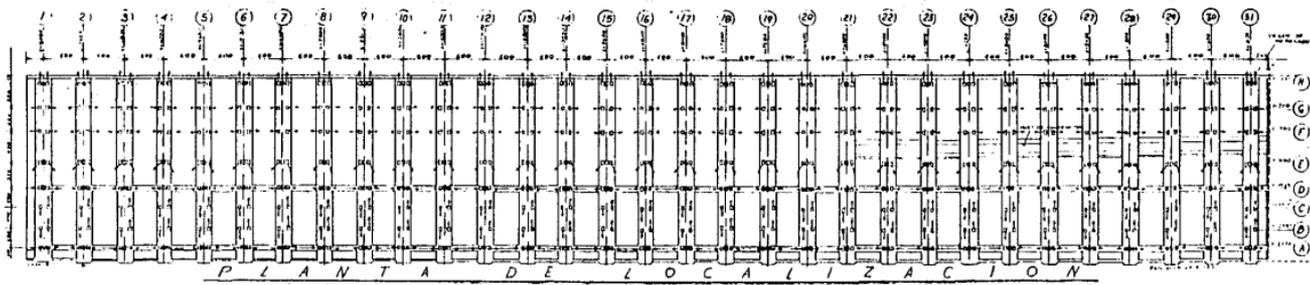
NOTAS.
 1. SE HA CONSIDERADO EL TIPO DE MANTENIMIENTO QUE SE VA A REALIZAR EN EL COMPLEJO.
 2. SE HA CONSIDERADO EL TIPO DE MANTENIMIENTO QUE SE VA A REALIZAR EN EL COMPLEJO.
 3. SE HA CONSIDERADO EL TIPO DE MANTENIMIENTO QUE SE VA A REALIZAR EN EL COMPLEJO.
 4. SE HA CONSIDERADO EL TIPO DE MANTENIMIENTO QUE SE VA A REALIZAR EN EL COMPLEJO.
 5. SE HA CONSIDERADO EL TIPO DE MANTENIMIENTO QUE SE VA A REALIZAR EN EL COMPLEJO.

CROQUIS DE LOCALIZACION

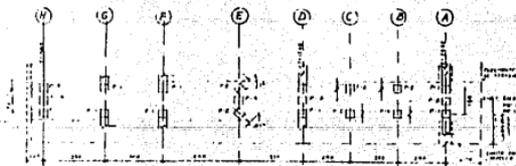
SE HA CONSIDERADO EL TIPO DE MANTENIMIENTO QUE SE VA A REALIZAR EN EL COMPLEJO.

PLANTA DE CONJUNTO

U. N. A. M.
ENEP. ACATLAN
LOCALIZACION. P. I.



PILOTES EN LOS EJES DEL 2 AL 30



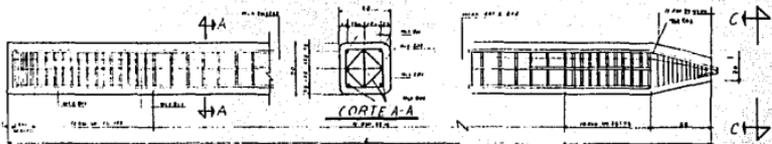
PILOTES EN LOS EJES 1 Y 31

ELEVACION DE DESCABECE DE PILOTES

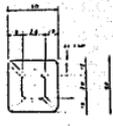
PARED	PILOTES						
	A	B	C	D	E	F	G
EN EJE 2							
" 30							
EN EJE 31							
" 1							

- NOTAS:
1. ...
 2. ...
 3. ...
 4. ...
 5. ...

U.N.A.M.	
ENEP ACATLAN	
LOCALIZACION DE PILOTES	P 2



REFUERZO PILOTES



VISTA C-C



ELEVACION



PUNTO DE SUSPENSIÓN PARA TRAZO DE PILOTES

Nº	TIPO	CANTIDAD	LARGO		ANCHO		ALTO		MATERIA PRIMA	OBSERVACIONES
			1	2	1	2	1	2		
P-1	PILOTE (40 metros)	801	0	1000	57	12	2020	8	2000	001
		802	0	1000	57	12	2020	8	2000	002
P-2	PILOTE (40 metros)	803	0	1000	57	12	2020	8	2000	003
		804	0	1000	57	12	2020	8	2000	004
P-3	PILOTE (40 metros)	805	0	1000	57	12	2020	8	2000	005
		806	0	1000	57	12	2020	8	2000	006
P-4	PILOTE (40 metros)	807	0	1000	57	12	2020	8	2000	007
		808	0	1000	57	12	2020	8	2000	008
P-5	PILOTE (40 metros)	809	0	1000	57	12	2020	8	2000	009
		810	0	1000	57	12	2020	8	2000	010



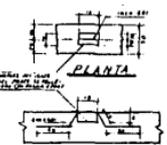
ANCLAJE DE PILOTE EN SUB-ESTRUCTURA



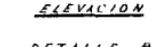
DETALLE B ALTERNATIVA 1

CANTIDAD	EXTENSION
8000	100
8100	70
8200	50
8300	30
8400	20
8500	10
8600	5
8700	2
8800	1
8900	0.5
9000	0.2

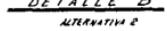
NOTA: Ver especificaciones P-1, P-2 y P-3



PLANTA



ELEVACION

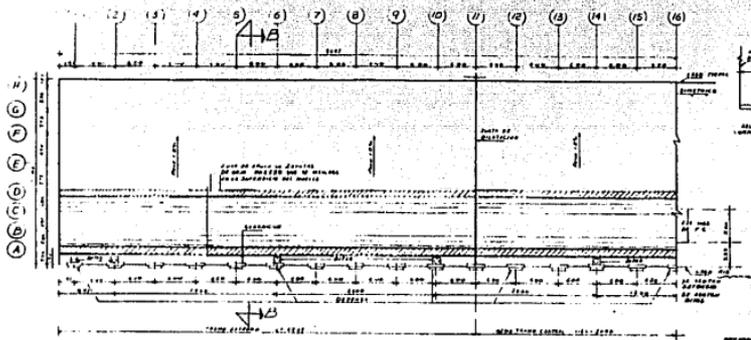


DETALLE B ALTERNATIVA 2

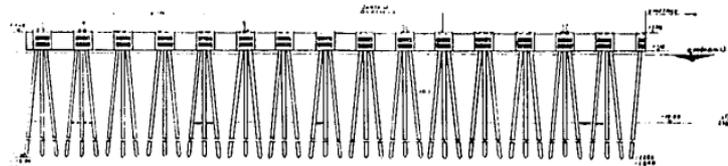
NOTAS

1. Ver especificaciones para el refuerzo de los pilotes en el punto de suspen- sion.
2. Ver especificaciones para el refuerzo de los pilotes en el punto de suspen- sion.
3. Ver especificaciones para el refuerzo de los pilotes en el punto de suspen- sion.
4. Ver especificaciones para el refuerzo de los pilotes en el punto de suspen- sion.
5. Ver especificaciones para el refuerzo de los pilotes en el punto de suspen- sion.
6. Ver especificaciones para el refuerzo de los pilotes en el punto de suspen- sion.

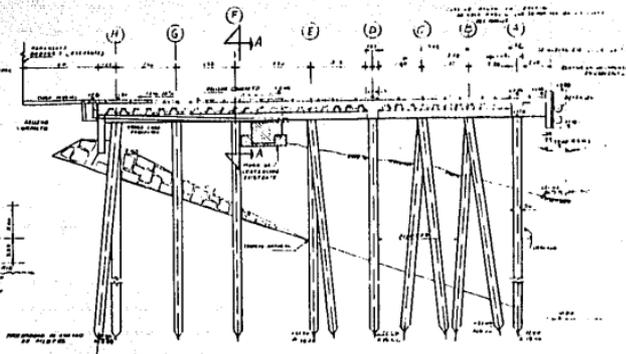
UNAM
ENEP ACATLAN
PILOTES TIPO Y DETALLES P 3



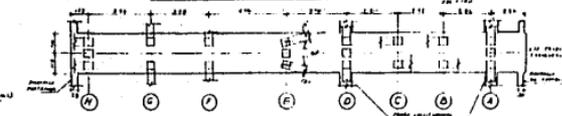
MEDIA PLANTA



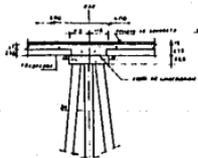
VISTA FRONTAL



CORTE A-B



TRADE TRANSVERSAL PANTA



CORTE A-A

NOTAS:

1. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
2. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
3. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
4. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
5. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
6. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
7. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
8. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
9. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.
10. Puentes de Camión, tipo 100, con 2 carriles por lado.

CONTROLADO POR EL INGENIERO EN CARRETERAS Y AEROPUERTOS

U	N	A	E
ENEP ACATLAN			
PLANTA Y CORTES			
P 4			

o perfiles de acero en el subsuelo.

Para la fabricación de pilotes de concreto se deben establecer ciertos requisitos mínimos así como procedimientos de construcción para satisfacer el diseño.

Los pilotes de concreto se fabrican en áreas previamente acondicionadas, para esto se deben evitar que sufran deformaciones durante el colado, se deben manejar apropiadamente para no dañarlos y establecer registros y controles de alineación y penetración durante el hincado.

El acero de refuerzo se debe colocar con precisión y protegerse adecuadamente contra la oxidación y otro tipo de corrosiones y debe estar libre de costras, óxido o suciedad.

Se recomienda limitar el revenimiento de una mezcla de concreto a un mínimo compatible con los requerimientos de colocación a un valor de 0 a 7.5 cm. para pilotes precolados.

Para el despegue, transporte y almacenaje de los pilotes se deben preparar en ciertos puntos de izaje a lo largo de los mismos, que van a depender de la longitud del pilote.

Después del despegue y transporte del pilote al lugar de hincado hay que efectuar revisiones de éstos.

Para el hincado eficiente de pilotes deben seleccionarse martillos con energía y peso en ellos, para un problema dado.

El empleo del chiflón se hace para disminuir el volumen del suelo desplazado y una vez que se deja de emplear el chiflón se emplea el martinete.

Si se emplean pilas un aspecto de gran relevancia

se refiere a la estabilidad que presentan las paredes de perforación durante la excavación, debiendo decidir para ello si deben o no ser ademas para evitar derrumbes o cerramientos. Este ademe metálico puede emplearse en parte de la pila o en toda su longitud.

En el proceso de perforación a veces se emplea lodo bentonítico como estabilizador, para remover o transportar recortes de suelo o para contrarrestar subpresiones. Siempre que el lodo no cumpla con los requisitos o se encuentre contaminado es necesario emplear técnicas para su regeneración.

Antes de iniciar el colado del concreto, se debe limpiar el fondo del pozo eliminando recortes y azolves.

Al colocar el acero de refuerzo debe llenarse en su totalidad el pozo con concreto fresco que posea buenas características de flujo.

El empleo de tablestacas de concreto se limita cuando se encuentran suelos abrasivos.

Las armaduras de las tablestacas dependen de los esfuerzos a que van a estar sometidos y el recubrimiento depende de las condiciones donde van a trabajar.

Cuando las tablestacas de concreto son hincadas con maza de caída libre, hay que emplear un sombrerete de hinca, estas mazas deben de ser lo más pesado posible y con altura de caída pequeña, para evitar daños.

A diferencia de las tablestacas de concreto las tablestacas metálicas permiten holgura en sus pestañas para deslizarse entre sí, y hacen menos peligrosa la unión.

Debido a la elevada resistencia de las tablestacas metálicas, no se dañan tan fácilmente durante el

el hincado o extracción como sucede en las de concreto al extraerse de suelos granulares.

Se requiere una protección adecuada para las tablestacas metálicas debido a la corrosión intensa que se presenta en aguas marinas.

B I B L I O G R A F I A

- 1 E. Bowles, Joseph F. Foundation Análisis And Design. Third Edition. E.U., Ed. Mc Graw Hill 1986. pp. 816.
- 2 Bustamante Ahumada, Roberto. CURSO INTENSIVO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS. Centro de Educación Continua. México 1985.
- 3 Bustamante Ahumada, Roberto. INTRODUCCION AL PROBLEMA PORTUARIO NACIONAL. Centro de Educación Continua. México 1986.
- 4 Bustamante ahumada, Roberto. OBRAS PORTUARIAS Y MARITIMAS. Centro de Educación Continua. México 1985.
- 5 B. Sowers, George, F. Sowers, George. INTRODUCCION A LA MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. 1a. edición. México. Ed. Limusa 1980. pp 667.
- 6 Hernández de Labra, Fernando. PUERTOS. 2a. edición. México 1980. pp. 166.
- 7 Juárez Badillo-Rico Rodríguez. MECANICA DE SUELOS. Tomo II. 2a. edición. México. Ed. Limusa, 1979. pp.703.
- 8 MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PILAS Y PILOTES. Ed. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México, 1983. pp. 223.
- 9 Ralph B. Peck, et. al. INGENIERIA DE CIMENTACIONES. 2a. edición. México, Ed. Limusa 1982. pp. 557.
- 10 RECOMENDACIONES DEL COMITE PARA OBRAS DE PUERTOS Y RIBERAS DE LA SOCIEDAD ALEMANA DE MECANICA DEL SUELO Y CIMENTACIONES. Madrid. 2a. edición. Ed. Index 1979. pp.197.
- 11 Springal Caram, Guillermo. CIMIENTOS PROFUNDOS COLADOS EN SITIO. Reunión Conjunta ADSC-SMMS. México. Ed. SMMS, 1976. pp. 174.
- 12 Vargas Zepeda, José. CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA. México 1979.
- 13 W.E. SHULZE/K. SIMMER. CIMENTACIONES. Traducc. José María Rodríguez. 1a. Ed. España. Editorial Blume. 1970.