



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

Veracruz, Ver.
13-17 Junio de 1994

DRAGADO

Ing. Juan Piza Ortiz
Ing. Juan Valera Adam

194

| | Página |
|--|--------|
| MARCO DE REFERENCIA | 1 |
| 1.- CLASIFICACION | 1 |
| 2.- TIPOS DE DRAGAS | 2 |
| Dragas Mecánicas | 4 |
| Dragas Hidráulicas de Succión | 8 |
| 3.- CLASIFICACION DE SUELOS | 19 |
| 4.- LA GEOTECNICA EN LAS OBRAS DE DRAGADO INTRODUCCION | 23 |
| Exploración con muestreo | 24 |
| Prueba de penetración estándar | 24 |
| Exploración indirecta | 27 |
| Pruebas de laboratorio | 27 |
| Pruebas de suelos no cohesivos | 30 |
| Pruebas de suelos cohesivos | 31 |
| Aplicación de la información en el dragado | 33 |
| Elaboración del reporte técnico | 33 |
| Aplicación de la Geofísica en el dragado | 34 |
| 5.- CONDICIONES QUE AFECTAN EL DRAGADO | 39 |
| Vientos | 39 |
| Mareas | 40 |
| Corrientes | 41 |
| Oleajes | 42 |
| Transporte de sedimentos | 44 |
| Temperatura | 44 |
| Topohidrografía | 45 |
| Tráfico Marítimo | 45 |
| 6.- ESTUDIOS TOPOHIDROGRAFICOS | 45 |
| Posicionamiento por satélite (G.P.S.) | 48 |

| | Página |
|---|--------|
| 7.- AYUDAS EXTERIORES AL DRAGADO | 52 |
| Sistema de posicionamiento Mini-Ranger III | 53 |
| Operación general | 53 |
| Distancia | 53 |
| Señal de línea | 53 |
| Acceso | 54 |
| Suministro de energía | 54 |
| Posiciones conocidas | 54 |
| Cobertura de antena | 54 |
| Posicionamiento por satélite G.P.S. (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) | 54 |
| 8.- PARTES PRINCIPALES DE UNA DRAGA DE SUCCION CON CORTADOR | 55 |
| La Bomba de dragado | 55 |
| Cortador de la draga | 59 |
| Empleo de cables de acero en el dragado | 70 |
| Tuberías | 73 |
| Pontones | 73 |
| 9.- INSTRUMENTACION DE AYUDA A BORDO | 78 |
| 10.- OPERACION DEL DRAGADO | 79 |
| Descripción de muestreo en tolva y medición de calados | 82 |
| Obtención del volumen de material en tolva | 85 |
| Obtención de la tolva económica | 85 |
| Medición directa de volumen en tolva | 92 |
| Análisis operativo de una draga autopropulsada | 93 |
| Plan de obra | 95 |
| Informes de avance en el trabajo | 95 |
| 11.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO | 105 |
| Equipos de dragado | 105 |
| Planeación del mantenimiento | 105 |
| Período que debe abarcar la planeación | 106 |
| A largo plazo | 106 |
| A mediano plazo | 106 |
| A corto plazo | 106 |
| Presupuesto | 106 |

| | Página |
|--|--------|
| Mantenimiento mayor | 106 |
| Mantenimiento preventivo | 106 |
| Mantenimiento rutinario | 106 |
| Gasto administrativo del mantenimiento | 107 |
| Adquisición de bienes complementarios | 107 |
| Programa de mantenimiento mayor | 107 |
| Supervisión | 108 |
| Corrección de fallas | 108 |
| Memorias y reportes de ejecución del mantenimiento | 108 |
| Rehabilitación | 109 |
| 12.- COSTOS EN EL DRAGADO | 109 |
| Factores que intervienen en el rendimiento de una draga | 110 |
| Dragas autopulsadas de tolva | 110 |
| Dragas estacionarias | 115 |
| 13.- EL DRAGADO Y SU RELACION CON EL MEDIO AMBIENTE | 117 |
| Dragados de conservación | 117 |
| Dragados de construcción | 117 |
| Datos generales | 118 |
| Objetivos del trabajo | 118 |
| Situación actual de la zona de proyecto | 118 |
| Establecimiento de normas y regulaciones existentes en la zona | 118 |
| Identificación de impactos ambientales | 118 |
| Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados | 119 |
| Conclusiones | 119 |
| Referencias | 120 |

MARCO DE REFERENCIA:

La profundidad es el elemento básico de la infraestructura portuaria, cuando la profundidad se pierde, dicha infraestructura no puede servir al barco. La profundidad exige un mantenimiento cuidadoso, todos los materiales que se depositan en el fondo deben ser retirados para disponer de las profundidades de proyecto en forma continua.

Los trabajos de dragado para retirar los materiales que se depositan, los azolves, representan para algunos puertos inversiones sumamente cuantiosas, es por ello que la Ingeniería Portuaria da mucha atención al estudio de los fenómenos que producen los azolves y a las soluciones para evitarlos o reducirlos y en su caso para encontrar los procedimientos más eficientes para retirarlos.

Las técnicas recientes para la selección de sitio para los puertos aconseja buscar la ausencia de aportes de azolve provenientes de tierra, lo que se consigue en un sitio costero, fuera de los cauces de ríos y de lagunas; en donde se registren los arrastres litorales de menor cuantía posible y que facilite la construcción de obras necesarias para su control. Un puerto diseñado bajo estos conceptos requerirá de inversiones mínimas para el mantenimiento de sus profundidades.

En el pasado, cuando no se disponía de equipo de dragado de alto rendimiento y eficiencia, debieron buscarse sitios abrigados en donde la obtención de las profundidades fuera mínima y preferiblemente donde las profundidades ya existían.

Es en esos puertos, entre los que se cuentan los mayores del mundo, en donde la conservación de las profundidades requiere de investigación y de estudio continuo para tratar de hacer dragados más eficientes para reducir sus costos.

I.- CLASIFICACION DEL DRAGADO

Se entiende por dragado, la extracción de materiales (fango, arena, grava, etc.) del fondo del mar en los puertos, así como en ríos y canales navegables, con el fin de aumentar la profundidad descargando estos azolves en las zonas de depósito, que pueden ser en agua, o utilizarlos en el relleno de áreas bajas, para asiento de instalaciones industriales y de urbanización o simplemente para sanear terrenos pantanosos que originan condiciones insalubres en algunas localidades.

Las operaciones de dragado deben cumplir una doble función: extraer el material y conducirlo hasta el lugar de descarga.

Existen dos tipos de dragados a saber, el de construcción y el de conservación.

El dragado de construcción, se realiza cuando es necesario crear o aumentar profundidades, las dimensiones en planta, o ambos. Es conveniente emplear el material extraído para relleno si éste es adecuado para tal fin, ya que es práctica usual y además económica, la combinación de estas dos funciones, la excavación del material subacuático para aumentar el tirante de agua y el aprovechamiento de este material, descargándolo directamente en la zona con objeto de elevar las cotas de un área que se desee utilizar.

El dragado de conservación, se efectúa con la finalidad de retirar los azolves que originan corrientes, marejadas, acarreo litorales, etc. Este puede ser periódico o permanente.

En un período, los sondeos indicarán la periodicidad con que debe efectuarse el dragado, para conservar las tres dimensiones de proyecto, particularmente la profundidad.

Los dragados continuos se requieren principalmente en los canales de navegación, dársenas y barras de los puertos fluviales, en los que frecuentemente los depósitos de sedimentos son permanentes y de mucha consideración.

2.- TIPOS DE DRAGAS

Podemos definir a la draga, como una embarcación especialmente dispuesta para montar en ella, las herramientas para extraer o excavar material de los fondos marinos, lacustres o de los ríos.

Las dragas se clasifican en dos grandes grupos: mecánicas e hidráulicas.

Al primer grupo pertenecen las de cangilones o de rosario, las de grúa (con almeja, granada o garfios) y las de cucharón. Todas estas podemos considerarlas como tipos básicos de las dragas mecánicas, que debido a su construcción relativamente sencilla, fueron las primeras que se usaron y en ciertas clases de obras son insustituibles a pesar de que su alcance de descarga es muy limitado, por lo que se impone el uso de chalanes-tolvas y remolcadores para tirar el material en las zonas de depósito.

Corresponden al segundo grupo, las dragas hidráulicas, que combinan la operación de extraer el material con el de su transporte hasta el lugar de depósito, mezclándolo con el agua y bombeándolo como si fuera fluido. Estas dragas resultan más versátiles, económicas y eficientes que las mecánicas, ya que realizan las dos operaciones por medio de una unidad integral.

Los tipos básicos de este grupo son las dragas estacionarias y las de autopropulsión con tolva, así como las mixtas.

Las dragas estacionarias pueden ser de succión simple o de succión con cortador.

Este último tipo de dragas se ha venido utilizando a últimas fechas, con mucho éxito dentro de la industria minera.

El segundo tipo comprende las dragas de autopropulsión con tolva, cuyo tubo o tubos de succión están sostenidos por los pescantes colocados en una banda, en ambas bandas, a proa, al centro, o a popa.

Las dragas hidráulicas estacionarias llevan como unidades básicas: la bomba de dragado, la escala con el tubo de succión, el cortador, los zancos y el winche o central de winches con sus motores correspondientes. Estas unidades para ser eficaces deben estar perfectamente equilibradas en lo que respecta a dimensiones y potencia.

La bomba de dragado debe ser lo suficientemente potente para succionar el material removido por el cortador e impulsarlo hasta el lugar de depósito.

El diseño del cortador debe ser adecuado al tipo de material a dragar y su motor tener la potencia suficiente para cortar el material que se va a dragar.

El winche que acciona los traveses debe tener la potencia necesaria para forzar el cortador en el material a dragar.

Si alguno de los componentes es desproporcionadamente potente en relación con los otros, se desperdiciará inútilmente su potencia y tamaño adicional.

Por lo anterior, el diseño de una draga es factor básico y determinante en su economía y eficiencia de funcionamiento.

Las bombas de dragado, trabajan succionando y descargando materiales pesados, irregulares y abrasivos, que la acabarían rápidamente si no se emplearan en su construcción aleaciones especiales, que le permitan resistir y durar bajo las más severas condiciones de trabajo.

Los winches, la escala y el cortador están sometidos a fuerzas constantes y a cargas excesivas durante su funcionamiento, por lo que los materiales con que están fabricados y su diseño deben permitir un trabajo en condiciones de extrema rudeza.

Al mismo tiempo, todas las piezas deben ser diseñadas y construidas lo más sencillamente posible, para permitir su reemplazo con el mínimo tiempo de paro.

La energía necesaria para la operación de las dragas en general, puede ser suministrada por medio de:

Motores eléctricos: Las ventajas de confiabilidad, limpieza de operación y de costos reducidos de mantenimiento, de estos motores, se ven limitados al usarse en las dragas estacionarias por las dificultades de abastecimiento de energía; por ello son dragas especialmente indicadas para los trabajos de minería y son utilizables en los dragados de construcción cuando los volúmenes son importantes, y el plan de trabajo requiere desplazamientos relativamente reducidos y que den lugar a situar convenientemente el banco de transformación.

La alimentación desde el banco en tierra se logra por un cable aislado sumergido o bien soportado por flotadores.

Unidades diesel eléctricas: En este caso, los motores diesel van acoplados a generadores y la energía eléctrica producida impulsa los motores que operan los mecanismos necesarios para el dragado. En esta forma se obtiene economía en el funcionamiento y aplicación instantánea de la fuerza sin pérdida de tiempo, así como una total autonomía.

Motores diesel: Estos se usan frecuentemente en dragas de cualquier tipo y capacidad, debido a la economía de su combustible y la aplicación instantánea de la fuerza necesaria para ponerlas en operación.

DRAGAS MECANICAS

Dragas de cangilones o de rosario: Las dragas de este tipo llevan un pozo en el eje del casco, por el cual se arría la escala para efectuar el dragado.

La escala es una estructura de acero, que sirve de apoyo y guía a la cadena de cangilones, que en el lado de carga descansa sobre una serie de rodillos para facilitar su movimiento.

La cadena de cangilones es accionada por una rueda motriz, situada en una estructura alta o torre que sostiene también los canales de descarga. (figs.1 y 2).

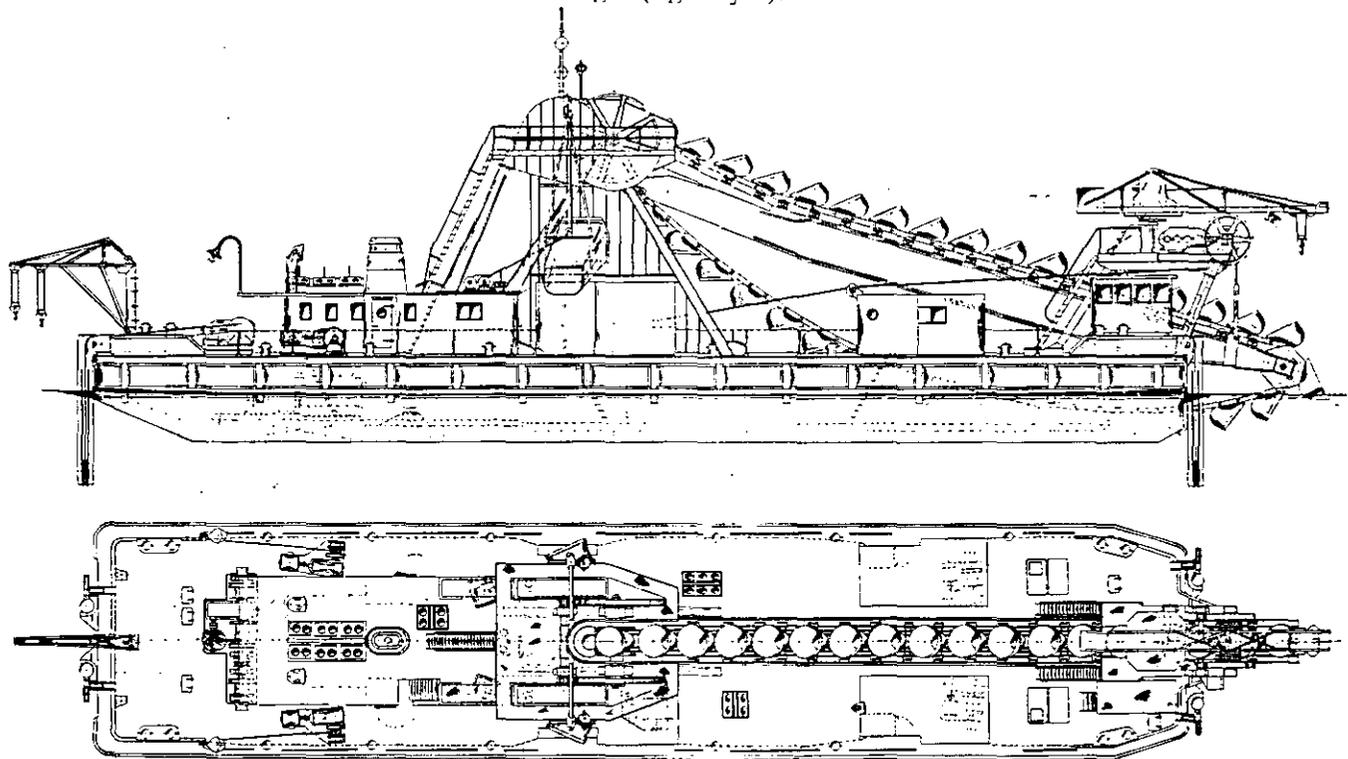


Fig. 1 Draga de Cangilones o de rosario

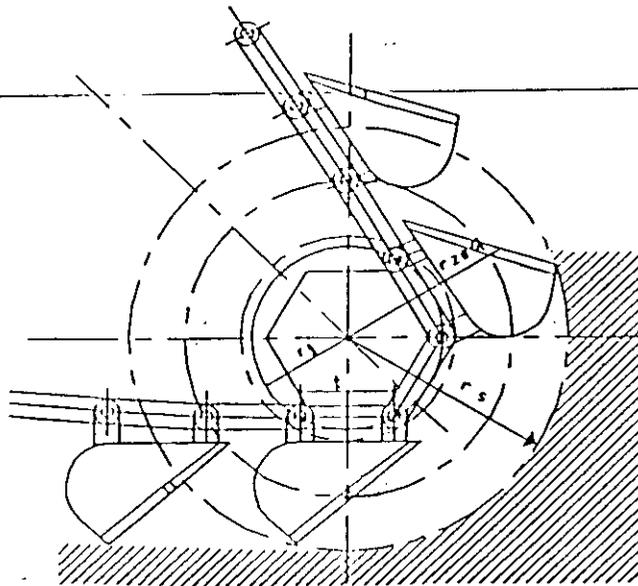


Fig. 2 .- LLenado de los cangilones con material del fondo

En la parte inferior lleva una rueda guía para apoyo del extremo de trabajo de los cangilones durante su llenado.

Los cangilones son recipientes de acero con bordo reforzado en el lado de ataque. El agua se elimina mediante unos barrenos que llevan con ese fin cuando el material que se draga es muy duro, van provistos de dientes, semejantes a las que llevan las palas excavadoras terrestres.

Los cangilones se llenan con material del fondo al pasar por la parte inferior de la escala y al llegar a la parte superior de su recorrido, son vertidos en unos canales transversales que descargan en chalanes-tolva acoderados a los costados de la draga.

El rendimiento de una draga de cangilones o rosario, es siempre mayor que las de grúa (con almeja o granada) y las de cucharón, debido a que su ciclo de trabajo es continuo.

Draga de grúa: Este tipo de draga consta fundamentalmente de un chalán que lleva montada una grúa o pluma que oscila de babor a estribor y va provista de almeja, granada o garfio, de acuerdo con el trabajo que se vaya a realizar, y se suspenden de la pluma mediante un aparejo guarnido con cables de acero.

Las almejas y granadas son de acero y de mucho peso para que al efectuar el dragado, se arrfe de golpe hasta el fondo y muerda el material, bien para depositarlo en su tolva, si la tiene o chalanes-tolvas o a los lados del canal.

Para extraer el material de fango, arena o una mezcla con grava es indicado utilizar la almeja normal y para material compacto se usa la almeja con dientes.

Existen tres tipos de almejas: pesadas, medianas y ligeras. La primera se utiliza en excavaciones de material duro o compacto, la segunda para usos generales y la última para material ligero.

Para rocas ya quebradas se emplea la granada. Los garfios son usados para extraer grandes rocas, pudiendo ser éstas hasta de 18 tons. según la capacidad de la grúa.

Estas dragas pueden ser estacionarias o de autopropulsión con tolva simple, doble, triple o cuádruple y de una o mas gruas.

Este tipo de draga se emplea para completar los dragados efectuados por otras unidades, en rincones y sitios a los que no llega fácilmente la boca de succión de las dragas hidráulicas, o los cangilones de las dragas de rosario.

También tiene aplicación en pequeños dragados de limpieza al pie de los muelles, extracción de productos rocosos, limpieza de troncos y raíces y otras faenas en que se tenga que trabajar exclusivamente en dirección vertical. (fig. 3 y 4).

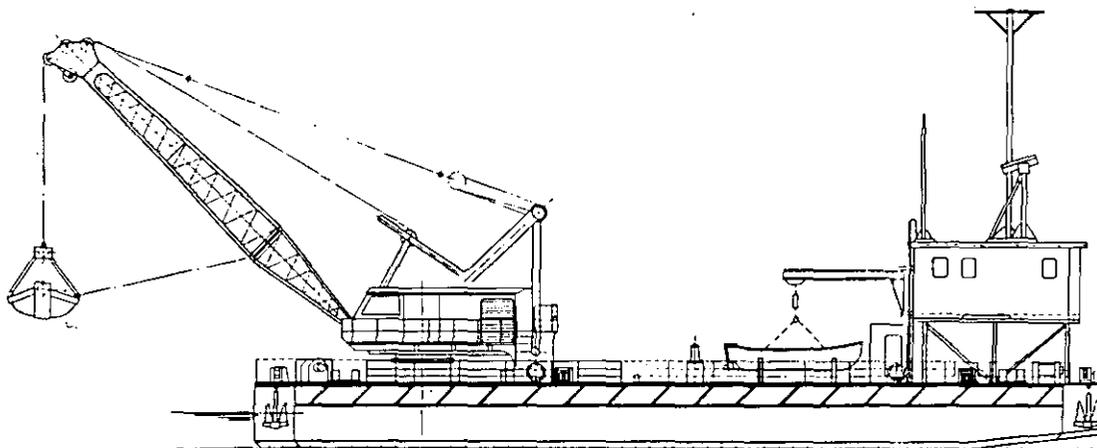


Fig. 3 Dragas de grúa Estacionaria.

En caso de las dragas estacionarias se dispone de zancos colocados a ambas bandas a proa y uno a popa destinados a fijar la draga a fin de que no se mueva por efecto del viento o la corriente aunque en muchos casos sólo se utilizan cables de acero con ese objeto.

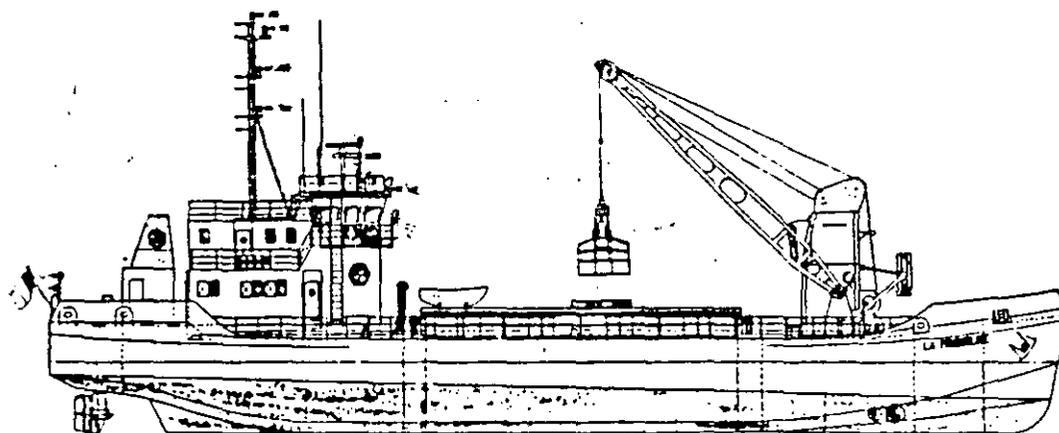


Fig. 4 Dragas de Grúa Autopropulsada con tolva.

Draga de cucharón: Este tipo de draga consta de un casco que soporta el mecanismo de excavación y éste es análogo al de las palas terrestres. Fundamentalmente se compone de un cucharón que va montado en el extremo de un brazo de ataque o aguilón, diseñado para poder deslizarse por el plano central de una pluma, con lo que se consigue una absoluta regulación en los movimientos del cucharón.

La capacidad de una draga de cucharón depende del tamaño de éste, expresado en metros, yardas o pies cúbicos y se mide al ras del borde superior, o volumen enrasado a diferencia del copeteado que se obtiene en las dragas terrestres.

Las dragas de cucharón van provistas de dos zancos a proa que sujetan el casco a fin de formar una plataforma estable de trabajo y otro a popa que sirve de punto de giro para mantener la draga en posición adecuada para el dragado.

Para efectuar el dragado, se introduce el cucharón en el material del fondo y se le fuerza a través de la flecha, al mismo tiempo se aplica la tensión del cable que va al malacate y que jala el cucharón hacia arriba del corte.(Fig. 5)

Una vez que se encuentra a suficiente altura sobre el nivel del agua es vaciado en chalanes-tolva, o depositado en la orilla.

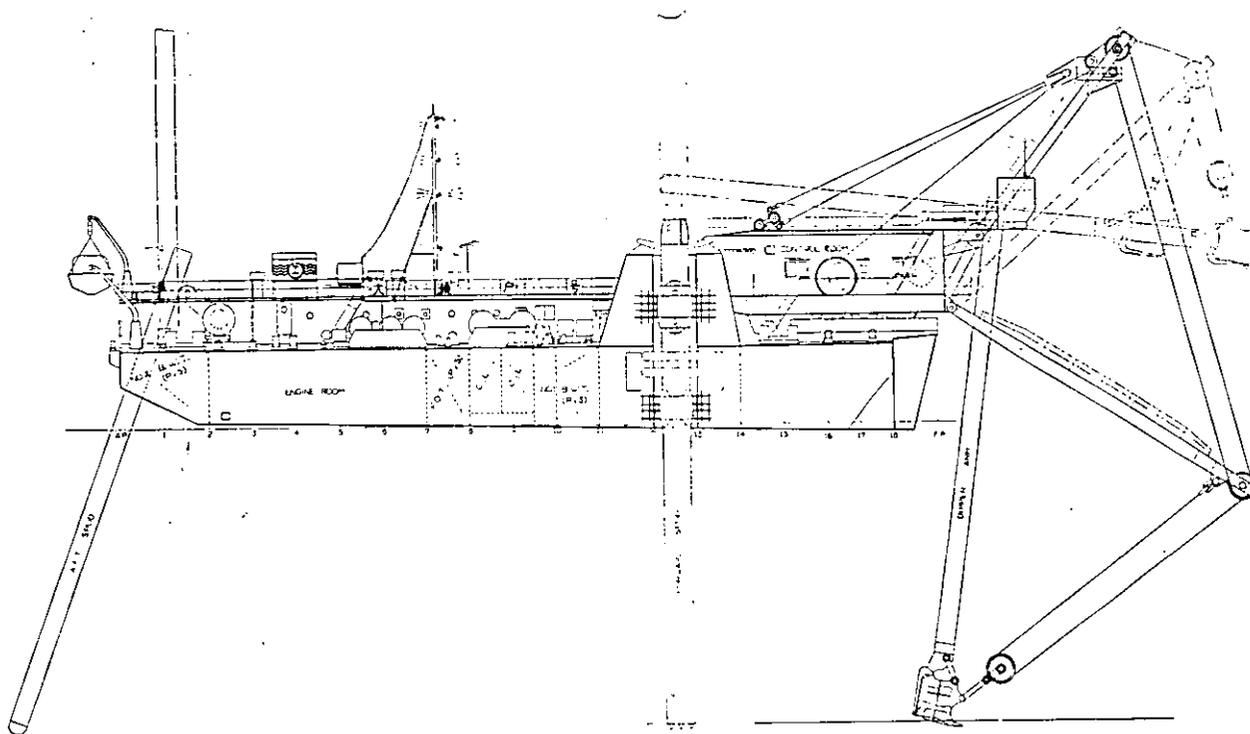


Fig. 5 Draga de Cucharón.

La profundidad óptima del corte es aquella en que se obtiene mayor rendimiento, el cual depende de los siguientes factores:

- 1.- De la calidad del material
- 2.- De la profundidad total del dragado
- 3.- Del ángulo de oscilación
- 4.- De la habilidad del operador.

DRAGAS HIDRAULICAS DE SUCCION

Este grupo es el de las dragas de desarrollo tecnológico más avanzado, son actualmente las más numerosas, son también las más versátiles.

La idea central de su diseño es la utilización de una bomba, la bomba dragadora, que recoge, succionándolos, los materiales del fondo o del frente de ataque y en la misma operación los impulsa al sitio donde deben depositarse.

El transporte de material así obtenido, se hace a través de una tubería mezclado con agua, es decir la bomba maneja una mezcla de agua y sólidos.

La bomba dragadora y todos los componentes y sistemas deben montarse en una unidad flotante, lo que permite la movilidad del equipo con sencillez, tanto para trasladarla de una obra a otra, como para posicionar el equipo y completar el dragado del área en que esté trabajando.

La mayor eficiencia en la operación de las dragas de succión se logra cuando el contenido de sólidos de la mezcla que se bombea es el máximo posible. El operador se sirve de un vacuómetro que le da indicación de la proporción de sólidos en la mezcla, si no hay suficiente agua para mantener los sólidos en movimiento la tubería se tapaná, el vacuómetro indicará entonces un vacío muy alto, si por el contrario se está bombeando una mezcla muy pobre, o solo agua, el vacío será cero. En general se bombean mezclas de entre 5 y 15 % de sólidos dependiendo, naturalmente, de la calidad de los materiales dragados y de la distancia de tiro.

Hay dos modalidades básicas de las dragas de succión, respondiendo cada una a las exigencias particulares de los diversos trabajos de dragado: la draga estacionaria o de corte y la draga autopropulsada o de tolva.

Hay algunas dragas que tienen ambos sistemas, las dragas mixtas, equipadas con cortador, tienen tolva, zancos y propulsión propia.

Las características de cada uno de los tipos básicos pueden describirse en forma resumida como sigue:

Dragas estacionarias: Requieren para desplazarse de un sitio a otro, de un remolcador, carecen de propulsión generalmente. Para avanzar en el frente de ataque se valen de un par de zancos colocados a popa, uno de los cuales le servirá también como eje para el movimiento circular o abaniquo según el cual realiza el ataque; para lograr ese movimiento circular alrededor del zanco de trabajo se vale de dos cables anclados a tierra que se cobran alternadamente por medio de winches instalados a bordo.

La succión se realiza a través de un tubo cuyo extremo recoge el material a dragar, este tubo va sostenido por una estructura, la escala; ésta tiene movimiento vertical según un eje colocado a bordo y es izada o abatida por un cable accionado por un winche y con el apoyo de una cabria.

Casi todas estas dragas tienen en el extremo de la escala y adelante de la boca del tubo de succión, una herramienta de ataque, el cortador giratorio, cuya flecha esta accionada por el motor cortador. El cortador tendrá diferentes diseños acordes con los tipos de suelos que deban atacarse y con la forma de ataque que deberá seguirse; en general, empleará cuchillas para los materiales blandos y dientes para los materiales compactos y los materiales duros; ambos, las cuchillas y los dientes están dispuestos siguiendo formas helicoidales.

Los tamaños de estas dragas se identifican usualmente por el diámetro de la tubería de succión o el de la tubería de descarga, ambos frecuentemente iguales. Las hay desde diámetros muy pequeños de 10 cm. (4") usadas en pequeños canales, arroyos o lagunas, hasta dragas de gran diámetro del orden de 110 cm. (44"), diseñadas para materiales difíciles.

Otra característica que califica a estas dragas es su potencial del cortador; en las más pequeñas se encuentran potencias del orden de 50 H.P. mientras que en las mayores,

las especialmente diseñadas para trabajos en materiales muy difíciles tienen potencias del orden de 5 000 a 6 000 H.P.

Muchos de los sistemas que componen las dragas se accionan con motores hidráulicos, es muy frecuente que los cortadores se accionen con este tipo de motor, diseñados además para trabajar bajo el agua y de esa manera reducir al máximo la longitud de la flecha.

La unidad flotante de la draga es posible formarla, cuando se trata de dragas pequeñas, hasta 35 cm., (14" de diámetro), con secciones transportables por tierra que se unen entre sí. El elemento flotante de las dragas mayores, que en algunos casos suelen tener propulsión propia, son chalanes modificados que sólo pueden ser transportados por agua.

El conjunto escala-cortador, hace de la draga estacionaria una herramienta muy adecuada para dragados de construcción, en la excavación de canales y dársenas; son especialmente eficaces para estos trabajos y también cada vez es más usada en trabajos de minería y de producción de agregados pétreos. En menor grado se les utiliza en dragados de conservación, en los que frecuentemente pueden prescindir del cortador, en cambio sirven muy bien para retirar azolves en lugares de acceso difícil; en general puede decirse que el 85 % de sus usos están relacionados con los dragados de construcción y el resto para dragados de conservación.(figs. 6 y 7).

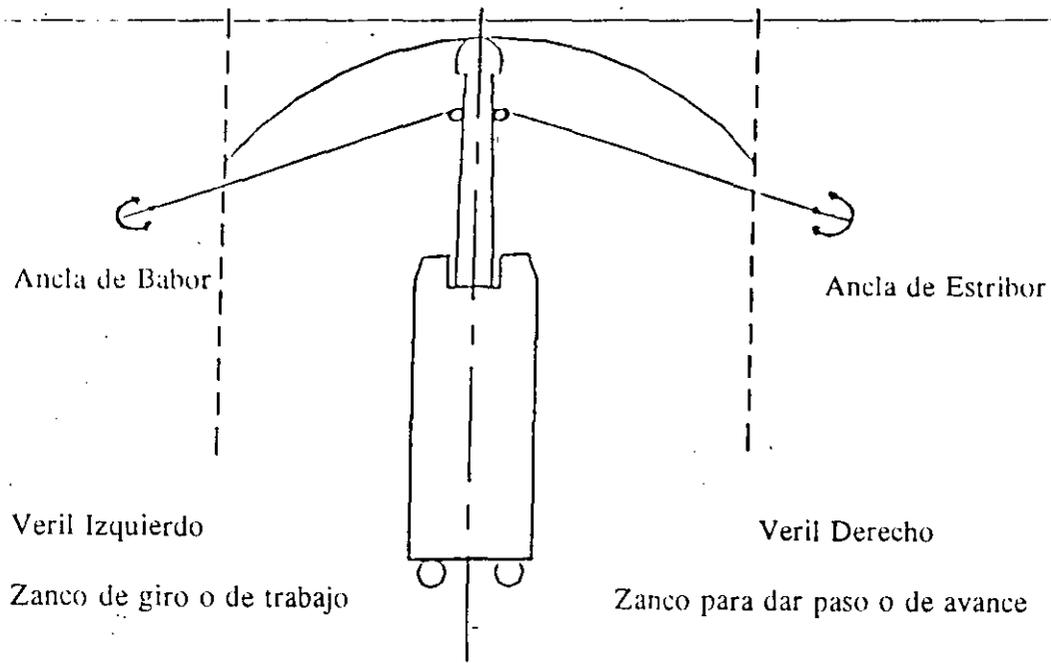


Fig. 6 Colocación de las anclas de los traveses al comenzar la draga su operación.

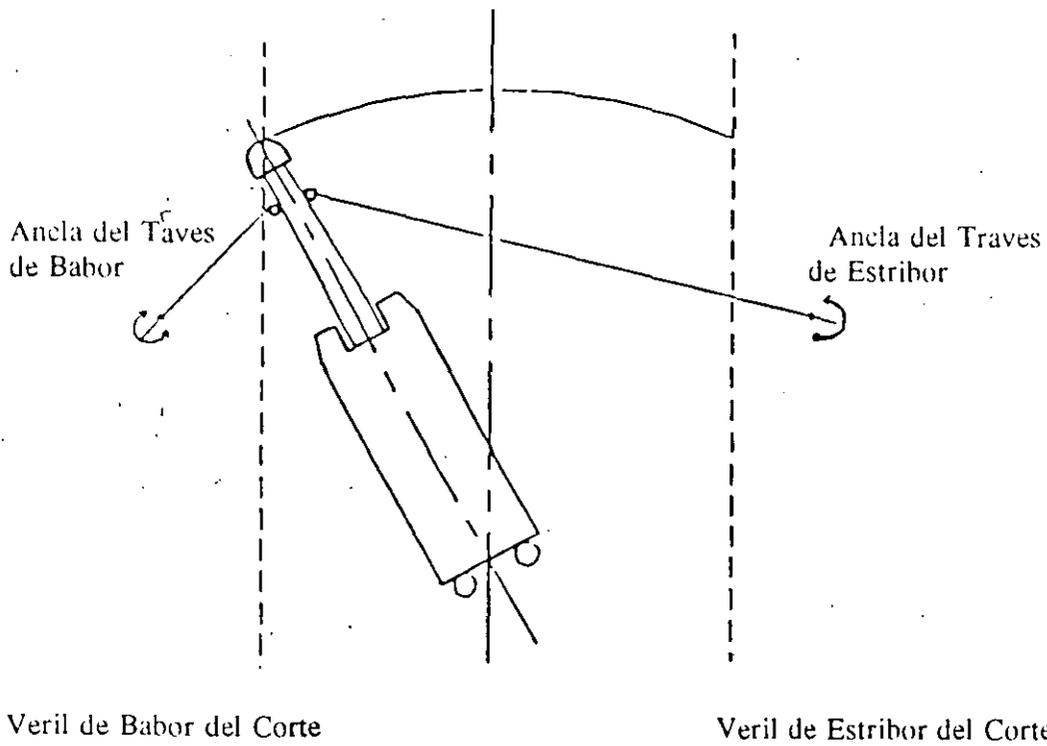


Fig. 7 Al quedar a popa las anclas de los traveses, deben enmendarse para evitar que la draga se retire del corte o se tuerzan los zancos.

La conducción y depósito del material dragado por medio de la tubería de descarga es un elemento muy valioso para su aprovechamiento si son suelos de buena calidad o bien para su depósito en sitios controlados cuando se trata de materiales contaminantes. Como éstos últimos son una proporción muy pequeña de los totales dragados en el mundo y se localizan principalmente en los países muy industrializados, se señala solamente la necesidad de diseñar cuidadosamente su manejo en los sitios de tiro si éstos han de ser en tierra firme, para evitar los daños consecuentes.

Como ya se dijo, la gran mayoría de los suelos dragados son utilizables en tierra para crear áreas para diversos usos. Los suelos de muy baja calidad para propósitos de edificación, son casi siempre ideales para la creación de áreas verdes, suelos agrícolas o mejoramientos ecológicos.

Con los suelos de buena calidad, es posible crear por ejemplo patios para el manejo de carga en las terminales portuarias, zonas para la implantación de industrias y la creación y reconstrucción de playas.

Dependiendo del tipo de material, de la potencia de la bomba dragadora y del diámetro de la tubería de descarga, el rango de la longitud de tiro es muy amplio desde distancias de orden de 200 m. para las dragas de 10 cm. (4") hasta distancias del orden de 8 a 10 Km. con las dragas más grandes actualmente en uso; una draga de 75 cm. (30") en la descarga con una bomba dragadora de 1 470 H.P., manejando un suelo compuesto de arena, grava y partículas rocosas de hasta 20 cm. puede alcanzar 1 200 m. de longitud.

El manejo del sitio de tiro, particularmente cuando se trata de rellenar zonas bajas, es importante para obtener todas las ventajas que brinda la conducción del producto de dragado por tubería; planeando adecuadamente los puntos de descarga, debe buscarse la forma de equilibrar los costos de los movimientos de tubería y los que significa extender el material a la cota de proyecto con equipo terrestre.

Para la operación eficiente de estas dragas, uno de los aspectos más importantes es contar con una existencia suficiente de las partes sujetas a desgaste por las propias condiciones del trabajo, que suelen ser muy severas o por el efecto de dragar suelos muy abrasivos ya que producen desgastes excesivos en el cortador, la tubería de succión, la carcasa y el impelente de la bomba dragadora y finalmente la tubería de descarga, por nombrar los principales.

En los casos extremos es necesario tener en el sitio de la obra, suficientes repuestos para bajar al mínimo los tiempos de paro que pueden constituir al final un cargo de mucho peso en el costo unitario.

En los suelos suaves como puede ser la turba, las arcillas, en general suelos no compactos que no tienen un efecto abrasivo importante sobre las superficies de contacto durante la excavación, la succión y el transporte, esa necesidad se reduce en forma muy sustancial y por tanto no tiene un peso de consideración en el costo unitario final.(fig.8)

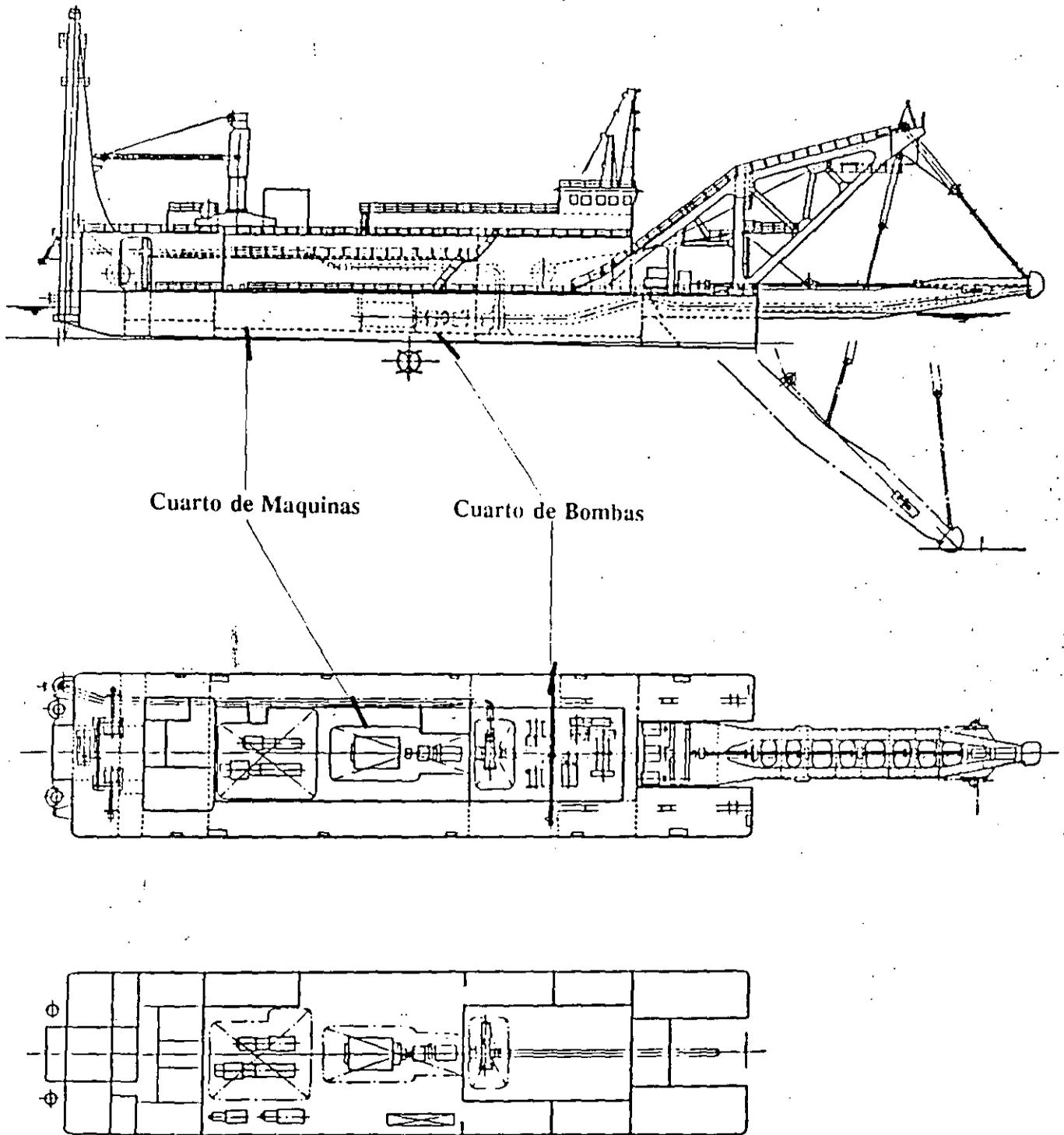


Fig. 8 Draga Hidráulica Estacionaria.

Dragas autopropulsadas: El propósito principal de su diseño es la realización de dragados de conservación, son muy eficientes para recolectar los azolves depositados en el fondo, pueden sin embargo ejecutar algunos trabajos de profundización y de ampliación de canales y dársenas siempre que se trate de materiales sueltos o muy poco cementados.

El principio de su operación es recolectar los materiales a dragar, mientras se desplaza avante, depositar los mismos en una tolva integrada y navegar, una vez llena la tolva, al sitio de tiro para descargar la tolva por el fondo.

Algunas de estas dragas, pueden también lanzar el material lateralmente por un tubo que va en una estructura especialmente diseñada, o conectarse a una estación de descarga en tierra o en otra embarcación mediante un tubo de descarga lateral.

En el primer caso el lanzamiento del material lo hace directamente la bomba de dragado (a cañón), en el segundo caso, la estación de descarga succiona el material que se depositó en la tolva previamente.

La unidad de flotación, es un barco con propulsión propia en cuyo casco se aloja también la tolva y el equipo de dragado. En general, la propulsión (máquinas y puente de mando) se sitúan a popa mientras que en el resto del casco están la tolva y el equipo de dragado; en ciertos casos los motores principales suministran la energía para la propulsión y para el dragado.

La succión tiene lugar a través de tubos cuyo extremo superior se conecta a la bomba de dragado y que llevan en el extremo inferior la rastra cuya función es la de recolectar el azolve durante el desplazamiento.

Los tubos de succión, uno o dos, se disponen en las bandas, a popa o al centro del casco, en su eje longitudinal; el primer arreglo es el más común.

Las rastras o colectores son de diseños diferentes para los diferentes tipos de suelos que deben manejarse; para mejorar su eficiencia en los suelos compactos o cementados en algún grado, utilizan chiflones de disgregación que van colocados en ella misma. Algunos diseños llevan elementos de ataque como dientes o patines.

Las aberturas de las rejillas de las rastras de succión, son generalmente cuadradas o rectangulares e impiden el paso de piedras o escombros que puedan alojarse en la bomba de dragado, o en los conductos del sistema de distribución de la descarga a la tolva.

Tipos básicos de rastras.- Al analizar el contacto y presión de la rastra sobre el fondo, resultan tres tipos básicos:

a) Fija

b) Ajustable (3 posiciones)

c) Autoajustable

Tubo lateral de succión.- Este tiene menor peso que la escala de acero estructural, y mayor flexibilidad debido a dos conexiones esféricas tipo cardán, que se intercalan con ese fin, las que van protegidas con manguitos de hule reforzados en la parte intermedia y en la inferior, asegurados con brazos articulados, para evitar que durante el dragado se separen. La primera conexión sólo permite el movimiento horizontal y la segunda únicamente el vertical de la rastra. Este tubo de succión va suspendido de los pescantes por medio de cables.

Estas conexiones flexibles de los tubos de succión y las innovaciones introducidas en el sistema de los pescantes, permiten aguantar las arfadas provocadas por el oleaje.

Amortiguadores de oleaje.- Estos dispositivos tienen por objeto:

- a) **Evitar daños en el sistema de suspensión, causados por el oleaje.**
- b) **Hacer flexible la unión de la draga, con el tubo de succión y que la rastra se mantenga constantemente sobre el fondo, a pesar de la arfadas del buque.**
- c) **Mantener la tensión en los cables del aparejo del pescante del tubo lateral de succión, permitiendo pequeñas variaciones dentro de los límites predeterminados.**

La capacidad de la tolva caracteriza el tamaño de estas dragas, las menores tienen capacidades del orden de 300 metros cúbicos y las hay hasta de 10 000 metros cúbicos.

Usualmente, el sitio de tiro del producto de estos dragados es fuera de la costa a profundidades y situación en los que puede asegurarse que el material no será arrastrado por el mar de regreso a la zona dragada; esta circunstancia permite la descarga de las tolvas por el fondo, sirviéndose de compuertas abatibles en cuyo diseño se procura el menor tiempo de vaciado, así como reducir al mínimo lo que el borde inferior se proyecta abajo del casco; esto, para posibilitar el tiro lo más cerca de la costa y reducir así los tiempos de navegación.

Con ese mismo propósito de descarga, a menor profundidad y también para reducir el tiempo de dragado se han construido dragas con tolvas bivalvas, que pueden abrirse separando sus dos mitades, según una charnela en el eje longitudinal a la altura de la cubierta principal.

La bomba de dragado y demás elementos se proyectan procurando reducir el tiempo de llenado de la tolva lo más posible.

El tiempo de llenado no depende sólo de la potencia y características de la bomba sino de los materiales a dragar; los más nobles son los más densos, limpios y de partículas de los tamaños que comprenden a las arenas, gravas y boleos pequeños, puesto que se decantarán rápidamente permitiendo un desalojo rápido del agua de la mezcla.

Los materiales de granulometrías del rango de las arcillas y limos por ejemplo, tienen un tiempo de decantación muy largo y una proporción importante se pierde junto con el agua desalojada por los vertederos. Con materiales de éstos no es posible, económicamente, llenar totalmente las tolvas lo que llevaría a ciclos de dragado demasiado largos.

Este problema es frecuente en los puertos fluviales; en la mayor parte del canal de navegación del río Pánuco (puerto de Tampico) por ejemplo, se manejan tolvas conteniendo sólidos del orden del 15 al 20 % de su capacidad total.

Una draga de 4 000 m³ de capacidad, con una potencia de dragado de 6 300 H.P. , con dos tubos de succión de 100 cm.(40") de diámetro, trabajando materiales granulares limpios puede llenar su tolva del 90 al 95 % en tiempos del orden de 20 minutos. (figs 9,10 y 11)

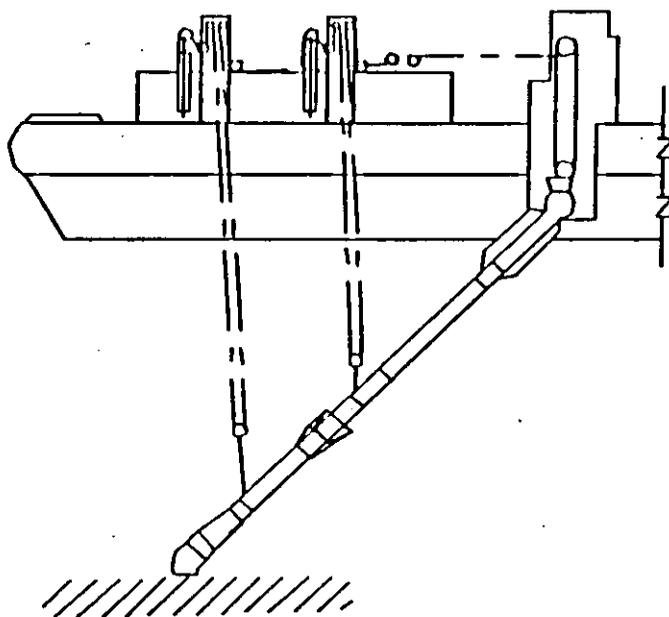


Fig. 9 Amortiguadores de Oleaje instalado en un Draga Autopropulsada

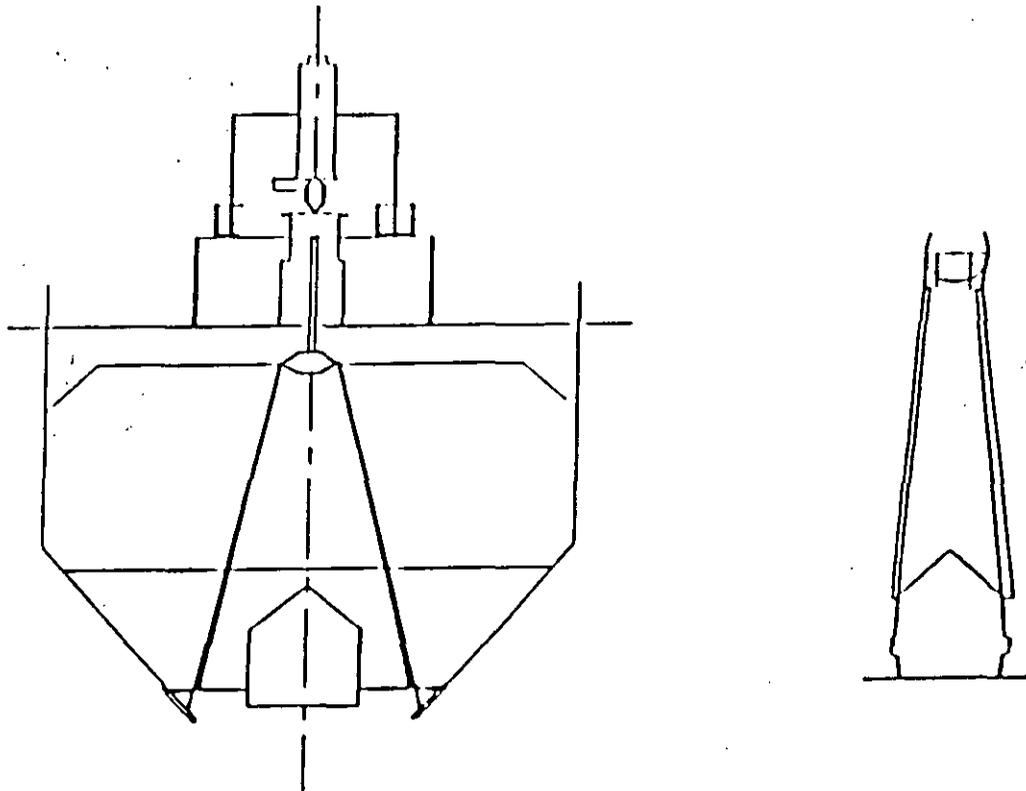
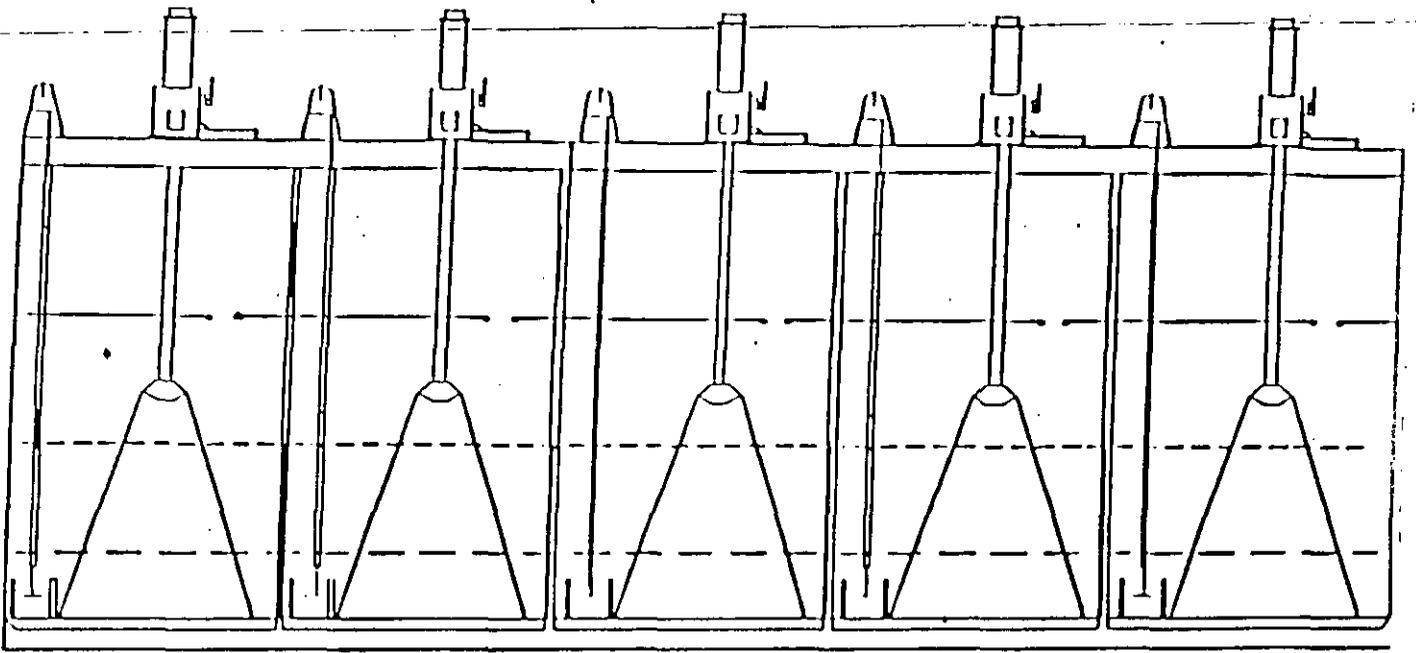


Fig. 10 Corte longitudinal y transversal de la Tolva de un Draga Autopropulsada.

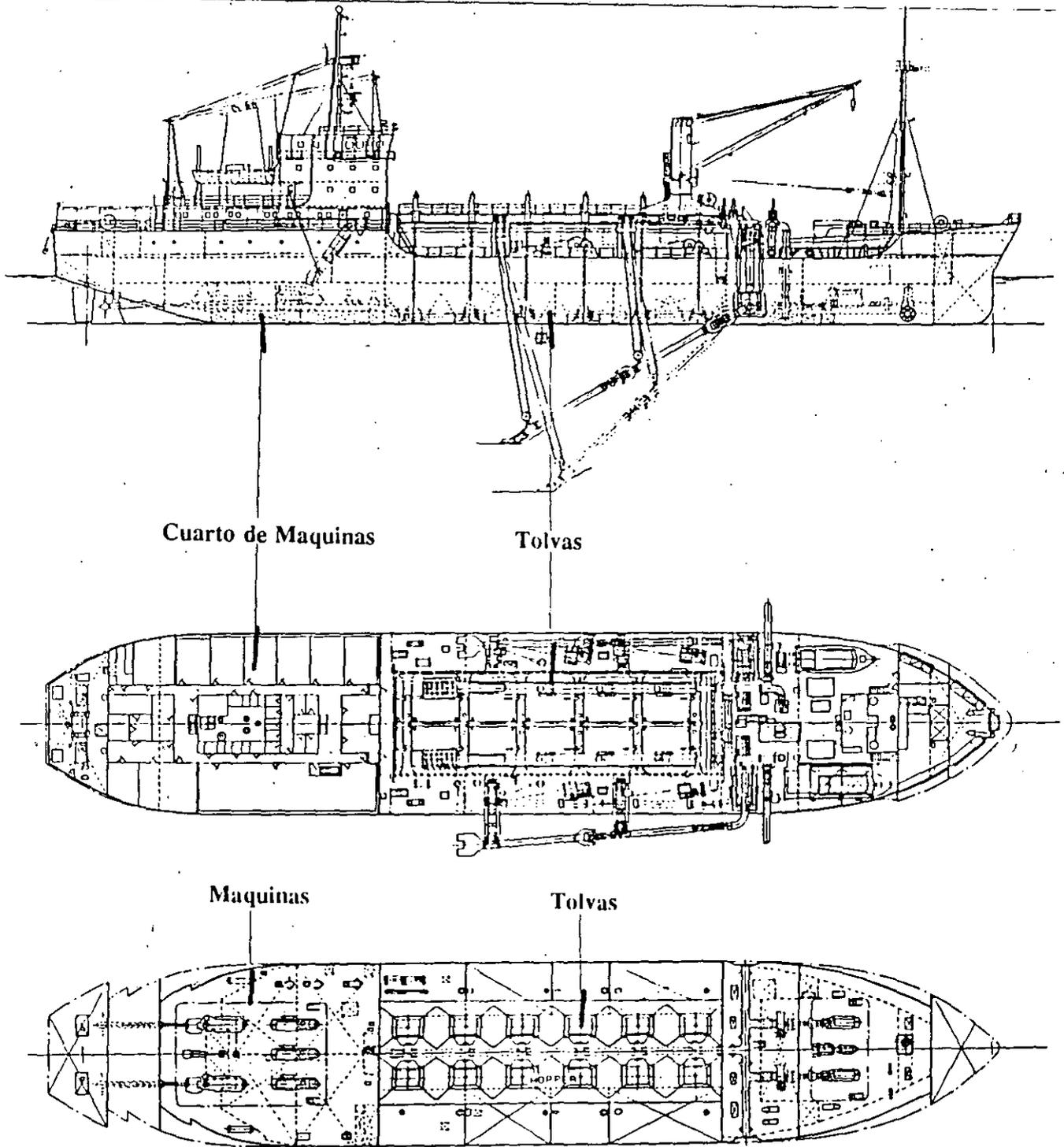


Fig. 11 Draga Hidráulica Autopropulsada

La operación eficiente de estas dragas depende de varios factores, pero es esencial la determinación del ciclo de dragado (llenado-navegación de ida-vaciado y navegación de regreso) más económico y dentro de ello, la determinación del tiempo de llenado más eficiente, lo que a su vez determina el volumen límite que puede depositarse en la tolva, antes de que la proporción de sólidos succionados que se decanta sea insignificante. Esto se puede determinar fácilmente en la gráfica de llenado (volumen de sólidos depositados vs. tiempos).

El plan de dragado, se hace procurando la mayor longitud posible del desplazamiento durante el llenado de la tolva, procurando también el menor tiempo de maniobras para regresar y continuar el llenado. Entre dos franjas continuas de ataque, debe considerarse un traslape suficiente para evitar que queden protuberancias.

Es imprescindible en los dragados de conservación, contar con medios que aseguren el posicionamiento correcto de la draga en las zonas de trabajo particularmente cuando éstas son de grandes dimensiones, por ejemplo canales o lugares fuera de la costa, de otra forma se corre el riesgo de dragar volúmenes fuera de las áreas contratadas, que no son cobrables.

Existen en el mercado numerosos equipo de radioposicionamiento por medio de antenas terrestres y por satélite, en los que su precisión va de 1 a 3 m.. Si se pretende realizar trabajos sin los tipos de ayudas citados es necesario contar siempre con balizamientos visibles en el día y luminosos por la noche.

Es importante determinar mediante pruebas en el sitio y con la propia draga, la altura a la que debe llevarse la rastra, sobre todo en los fondos con suelos ligeros, para evitar sobredragados superiores a los límites de proyecto y/o contrato. Debe tenerse en cuenta que la succión, mientras más potente sea la bomba, tiene mayor radio de influencia hacia abajo y a los lados.

La velocidad de desplazamiento en el recorrido de succión, debe también ajustarse para participar positivamente junto con las revoluciones de la bomba y el posicionamiento de la rastra, para conseguir la mezcla sólidos-agua más eficiente.

3.- CLASIFICACION DE SUELOS

Es definitivo, para la obtención del rendimiento de un dragado, conocer las características del suelo que se va extraer, ya que debido a la enorme variedad de su naturaleza, cada uno demanda diferentes condiciones de ataque.

El primer criterio es el conocimiento del diámetro de las partículas, ya que éste es básico para distinguir entre arcillas, sedimentos (limos), arenas, gravas y boleos.

Una base para la identificación de suelos en dragado, fue propuesta por PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) en su publicación de 1972 denominada Report of the international comission for classification of soils to be dredged.

Dentro de los materiales cohesivos tenemos arcillas, limos y materia orgánica, siendo sus principales propiedades las siguientes:

La distribución del tamaño de los granos, siendo los mayores de 0.06 mm., lo que tendrá influencia en el desgaste de la cabeza del cortador.

Su resistencia al esfuerzo cortante es el principal factor para determinar la fuerza requerida en el cortador.

Su peso volumétrico es factor determinante para calcular su capacidad de transporte tanto vertical como horizontal.

En los materiales cohesivos debemos obtener los valores del contenido de humedad de Atterberg, ya que en función del mismo, se determinará el comportamiento del suelo durante el ciclo de dragado.

El porcentaje de materia orgánica tiene influencia sobre el peso volumétrico, causando también gasificación, lo que nos ocasionará problemas de vacíos durante el ciclo de dragado.

La consistencia da una medida de la compactación del suelo, y consecuentemente de la fuerza requerida en el cortador.

Los suelos fuertemente cohesivos, pueden llegar a necesitar ser barrenados y volados antes de su excavación (Ejem, Tepetates).

Los materiales no cohesivos son arenas, gravas, boleos o una mezcla de éstos.

TABLA . . . 1

BASES GENERALES PARA LA IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE SUELOS PARA EFECTO DE DRAGADO

PIANC

| TIPO DE SUELO | | IDENTIFICACION SEGUN EL TAMAÑO | | IDENTIFICACION | RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES | |
|---------------------|---------------------------|---|----------------------------------|---|--|--|
| | | RANGO EN mm. | MALLA | | | |
| Boleo | GRANULAR (NO COHESIVO) | Mayor de 200 entre 60 y 200 | | Exámen y medida visual | N . A . | |
| Grava | | Gruesa 20-60 Media 6-20 Fina 2-6 | 3/4-3" 1/4-3/4" No. 7-1/4" | Facilmente identificable con un exámen visual | Es posible encontrar algunos estratos cementados de grava con boleos. La grava puede existir mezclada con arena | |
| Arena | | Gruesa 0.6-2 Media 0.2-0.6 Fina 0.06-0.2 | 7-25 25-72 72-200 | Partículas visibles con pequeña cohesión al estar secas | Algunos depósitos pueden estar compactos y cementados aumentando su resistencia. Estructura homogénea o estratificada, -- puede estar mezclada con arcilla aumentando su dureza. | |
| Sedimento o (limos) | COHESIVO | Gruesa 0.02-0.06 Media 0.006-0.02 Fina 0.002-0.006 | Pasa malla 200 | Generalmente son partículas invisibles. Puede tener alguna plasticidad. Una vez seco, los terrones se convierten en polvo con la presión de los dedos. | Esencialmente no poseen gran plasticidad, con características similares a las arenas. El más fino se aproxima a la arcilla en su plasticidad. Mezclado con arena o arcilla puede estar homogéneo o estratificado. Su consistencia varía de fluido espeso a sólido. | |
| | | Menor de 0.002 mm. La distinción entre arcilla y sedimento no se basa en el tamaño de las partículas sino en sus propiedades físicas. Indirectamente se relacionan el tamaño de las partículas. | N.A. | Fuerte cohesión, plasticidad y dilatación, fácilmente se presiona con los dedos poniéndose liso y grasoso. Estando seca se rompe durante el proceso de dragado. | Consistencia Comportamiento Est.Cort.Kg/cm. Muy suelto Se escurren entre los dedos. 0.17 Suelto Facilmente moldeable con los dedos. 0.17-0.45 Firme Requiere fuerte presión para moldearse con los dedos. 0.45-0.90 Rígido No se moldea con los dedos. 0.90-1.34 Duro Se presiona con mayor dificultad con el pulgar 1.34 | |
| Materia Orgánica | | N.A. | N.A. | Generalmente se identifica por el color café o negro, fuerte olor, con presencia de fibras y madera. | Puede ser firme o como esponja en la naturaleza. Su resistencia varía considerablemente en las direcciones vertical y horizontal. | |

20

N.A. No aplicable

* La estructura del material puede estar intacta, fisurada, homogénea o estratificada.

El tamaño de los granos es importante para determinar la velocidad crítica mínima, de tal forma que estos permanezcan en suspensión. En un relleno es determinante conocer para el material que se deposita, qué talud formará, así como las características físicas de sus componentes y la calidad del mismo relleno.

En el caso del transporte en la tolva de una draga autopropulsada, el tamaño del grano será decisivo para el tiempo de decantación y por lo tanto del ciclo de dragado.

Cuando los granos de arena son mayores de 0.3 mm. éstos causarán mayor desgaste en la parte inferior de la tubería de descarga de una draga.

La mayor o menor compactación de arena, grava y algunas arcillas, será determinante en la fuerza que debe ejercer el cortador, así como en el consumo de energía del mismo.

El desgaste en la tubería y bomba dragadora, dependerán también de la forma redondeada o angular de los granos de arena, siendo mayor con estos últimos.

La permeabilidad es una propiedad determinante, ya que durante el proceso de corte, el volumen del suelo se incrementa debido a que cambia la densidad al pasar de un material con menor porcentaje de vacíos, a uno con mayor porcentaje. Durante este proceso se crea un vacío entre los poros del material y el agua, debiendo los mismos poros nivelar esta diferencia de presión, lo que ocasiona que la fuerza en el cortador se incremente considerablemente.

Cuando tenemos un suelo cementado, debe clasificarse dentro de los materiales cohesivos ya que durante el proceso de corte, las fuerzas que se originan son mayores a la de una arena normal.

Si se tiene una pequeña porción de arcilla en la arena, esta originará que el material sea menos permeable y adopte un talud más pronunciado, además tendrá una influencia positiva en la tubería por un menor desgaste.

El peso específico de los componentes del suelo influye determinantemente en la resistencia al corte y en el cambio de la velocidad crítica en la tubería. En la tabla 1 se presentan las bases generales de identificación y clasificación de suelos, para efectos de dragado.

La densidad de sólidos es la relación entre el peso específico de un material y el del agua, por lo tanto carece de unidades.

Por otro lado el peso volumétrico depende del peso específico de los componentes (partículas de suelo, agua, cantidad de vacíos, etc.)

El peso volumétrico puede ser medido en diferentes estados dentro del proceso de dragado.

La densidad en sitio se obtiene midiendo el peso volumétrico en el terreno, antes de dragar.

La densidad en la tolva, se obtiene midiendo el peso volumétrico a bordo del equipo utilizado para ir a tirarlo.

La densidad en el sitio de depósito, se obtiene midiendo el peso volumétrico al final del ciclo de dragado, una vez depositado el material o algún tiempo después en que se ha consolidado el mismo.

Las tres medidas anteriores nos darán diferentes valores para el porcentaje de vacíos, como podemos observar en la tabla 2.

T A B L A 2

CAMBIO EN VOLUMEN Y DENSIDAD DURANTE EL DRAGADO Y RELLENO, EN UN MATERIAL CON UN CONTENIDO CONSTANTE DE SOLIDOS

| Situación del material | % de Vacíos | Cambio en volúmenes con un contenido constante de sólidos m³. /m³. | Densidad de la Mezcla |
|--|--------------------|---|------------------------------|
| Material en sitio | 45 | 1.00 | 1.88 |
| Material después de un dragado mecánico (transporte) | 55 | 1.22 | 1.72 |
| Material una vez depositado. | 45 | 1.00 | 1.88 |
| Material parcialmente consolidado. | 40 | 0.92 | 1.96 |

4.- LA GEOTECNIA EN LAS OBRAS DE DRAGADO

INTRODUCCION

Los estudios geotécnicos realizados con fines de dragado difieren con respecto a los destinados a las cimentaciones de estructuras, tanto en su ejecución como en su destino. Se comentan las etapas que constituyen un estudio para dragado, y se describen los equipos y métodos de exploración y muestreo más empleados. También se mencionan las propiedades índice, mecánicas o químicas que se deben determinar en el laboratorio, señalando su importancia en relación al dragado y su destino en las distintas fases de éste. Así mismo se comenta sobre el equipo de dragado y sobre el contenido del reporte técnico que debe entregarse a los dragadores.

La expansión de la infraestructura portuaria de México implica la necesidad de efectuar importantes obras de dragado, tanto para su construcción como para su mantenimiento. La extensión y el costo de las primeras, así como la inexistencia de un criterio bien definido para la realización de los estudios geotécnicos previos, hace necesario establecer cuáles son los procedimientos de exploración y muestreo más adecuados, y cuáles son las propiedades del subsuelo que deben determinarse. Esto es importante porque la información geotécnica para dragado difiere de la empleada regularmente, además que le falta la información adecuada tiene un peso considerable sobre el costo total de este tipo de obras.

Los objetivos por alcanzar en un estudio de este tipo son fundamentalmente dos:

- Identificar los materiales por dragar, y definir sus extensiones y volúmenes.
- Proporcionar la información del subsuelo destinada a resolver correctamente los problemas técnicos correspondientes a las tres fases principales del dragado.

Estas son:

- a) Disgregar y remover el material.
- b) Transportar éste hasta los puntos de tiro.
- c) Colocarlo y tratarlo con fines constructivos.

Por otra parte, debido a la estrecha liga existente entre la naturaleza del subsuelo y el equipo de dragado por emplear, el ingeniero geotécnico encargado de un estudio destinado a estas obras debe conocer los diversos tipos de dragas, además de sus diversas finalidades en el dragado de construcción.

El programa de exploración y muestreo derivado de la planeación debe contemplar dos etapas de trabajo, de manera que la información obtenida en la primera, defina el modo de ejecución de la segunda; esto redundará en un estudio económico y preciso. En el caso de estudios poco extensos o localizados en un sitio de acceso difícil, las dos etapas pueden fundirse en una sola.

Exploración con muestreo

Los procedimientos de exploración con muestreo más comunes en las exploraciones destinadas al dragado se describen someramente a continuación, principiando por los más sencillos y menos efectivos.

El método más simple correspondiente a los sondeos de lavado con chiflón, utilizados para definir espesores de estratos cohesivos blandos o de suelos arenosos poco compactos, que sobreyacen capas duras o muy compactas. Estos se efectúan inyectando agua, a través de tubería metálica de 2½" de diámetro, con chiflón de 1½" que desliza dentro de un ademe. El material disgregado sube entre el ademe y el tubo hasta la embarcación, donde se deposita en un tanque de sedimentación. Este método sólo proporciona ideas muy generales de la resistencia y del tipo de suelo.

Prueba de penetración estándar

La prueba de penetración estándar, consiste en ver el número de golpes que se le necesitan dar a un cilindro hueco metálico de pared gruesa de 2 pulgadas de diámetro exterior, con un peso de 64 kg. y una caída libre de 75 cm., para que se introduzca 30 cm. en el terreno natural, permitiéndonos además obtener muestras de material alterado a diferentes profundidades.

Un perfil de un pozo, nos permitirá ver los diferentes estratos del subsuelo, los valores a diferentes profundidades para la penetración estándar y un perfil geológico del suelo que se obtiene uniendo varios pozos.

Una escala muy representativa es la que a continuación se indica en la tabla número 3.

T A B L A 3

COMPARATIVO ENTRE LAS CARACTERISTICAS DEL MATERIAL Y SU RESISTENCIA AL CORTE PARA LOS EFECTOS DE DRAGADO

| CARACTERISTICAS DEL MATERIAL | PENETRACION ESTANDAR No. DE GOLPES/30 CM. |
|------------------------------|--|
| MUY SUELTO | 0 - 4 |
| SUELTO | 4 - 10 |
| MEDIO COMPACTO | 10 - 30 |
| COMPACTO | 30 - 50 |
| MUY COMPACTO | ARRIBA DE 50 |

Los valores anteriores son aplicables a todo tipo de material ya sea cohesivo o no cohesivo, exceptuando boleas gruesos o roca.

En la tabla 4 veremos las principales pruebas en el sitio y en el laboratorio, aplicadas en dragado.

TABLA 4

DIVERSAS PRUEBAS EFECTUADAS EN EL SITIO Y EN EL LABORATORIO
CON APLICACION A DRAGADO

| PROPIEDADES O CARACTERISTICAS DEL SUELO | PRUEBA EN EL SITIO | PRUEBA DE LABORATORIO DE CAMPO O CENTRAL |
|--|--|--|
| Análisis del tamaño de la partícula. | N.A. | Tamizado sobre suelos granulares, sedimentación de suelos cohesivos. Correlación en mezclas de suelos como arcillas arenosas. Evaluación rústica por comparación con muestras normales, con microscopio o contador de rejilla. |
| Agudeza de la partícula. | N.A. | Comparación con muestras normales y fotográficas. |
| Peso volumétrico en el sitio. | N.A. exceptuando medición en cantos rodados. | La unidad del suelo como se encontró en el sitio, o sea la relación entre el peso total y el volumen total del suelo. |
| Gravedad específica de partículas sólidas. | N.A. | Es la proporción entre la unidad de peso de las partículas sólidas y la unidad de peso del agua. |
| Compactación en el sitio. | Prueba de penetración estandar, penetrómetro holandes u otros basados en pruebas estandar. | N.A. |
| Contenido de la mezcla. | Método de medición radioactivo. | Determinación del contenido de sólidos en la mezcla. |
| Plasticidad. | N.A. | Determinación límites líquido y plástico. |
| Resistencia al corte. | Penetrómetro manual, prueba de paleta, otros Penetrómetros. | Prueba de compresión en muestras no confinadas o prueba de compresión triaxial. |
| Contenido de cal. | N.A. | Aplicación de ácido hipoclorhídrico para indicar efervescencia. |
| Contenido orgánico. | N.A. | Determinación del contenido orgánico. |

Estos reportes fueron preparados por INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING (I.S.S.M.F.E.) y por INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (I.A.D.C.) e impresos por P.I.A.N.C. en el boletín No. 11, vol. 1 del año de 1972, habiendo sido revisados en 1981.

Exploración indirecta

La exploración indirecta en los estudios para dragado se apoya principalmente en la gran resolución y en los tipo cross hole.

El primer procedimiento se emplea para obtener un cuadro general de la estratigrafía, mediante la generación de ondas acústicas, con frecuencias de 3.5 a 7 Khz., capaces de proporcionar resoluciones de 0.5 a 20 cm. y penetraciones en el suelo de 15 a 60 m. La interpretación de los registros proporciona información sobre los espesores de suelos, la profundidad de la roca y los afloramientos de ésta, necesarios para elaborar un plano de isopacas del área por dragar.

El segundo procedimiento consiste en abrir y ademar dos o más perforaciones en el subsuelo, para colocar explosivos en uno de ellos y grupos de geófonos en los restantes. Si se conocen las distancias entre la perforación generadora y las perforaciones receptoras, se puede determinar la velocidad de propagación de las ondas de compresión y cortante de los diferentes suelos o rocas, y calcular su rigidez dinámica y sus espesores aproximados.

La factibilidad de disgregar rocas, y el procedimiento para hacerlo, puede definirse a partir de las velocidades de propagación usando las correlaciones propuestas por Meyer y Lessa (1978).

La tabla 5 nos presenta los procedimientos de exploración y muestreo para diferentes tipos de materiales.

PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio para dragado, además de determinar las propiedades que permiten seleccionar el equipo adecuado para disgregar y remover el suelo, deben proporcionar la información necesaria para evaluar el desgaste del equipo y definir la calidad del relleno que, posteriormente, pueda formarse con el material dragado. Su importancia relativa depende del material, del método de transporte y el destino del relleno.

La tabla 6 indica cuales parámetros son indispensables y cuales son complementarios para las tres fases principales del dragado, en base a la clasificación general del material.

Los fines de estas pruebas se comentan a continuación indicando la forma de realizarlas cuando el procedimiento difiere respecto a lo usual, o cuando la prueba sea poco común, respetando los tres grupos mencionados en la tabla 6.

TABLA 5

Procedimientos de exploración y muestreo en estudios para dragado.

| MATERIALES METODO | S U E L O S | | | | | R O C A S | |
|-------------------------------------|---|-------|--------|--------|----------------------|--|-------|
| | Arcillas | Limos | Arenas | Gravas | Cantos y/o baleos | Suaves | Duras |
| Sondeos de lavado | Chiflón Butil Broca tricónica | | | | | | |
| Muestreo por gravedad | Muestreador delgado 38 mm. $\angle \phi < 152$ mm. Muestreador grueso $\phi > 152$ mm. | | | | | | |
| Muestreo con varillaje | Tubo shelby Tubo shelby afilado Pistón muestreador Penetrométero estándar Barril Denisson | | | | | | |
| | | | | | | Barril muestreador con tubo interior partido | |
| Muestreo sin varillaje | Vibromuestreador Muestreador DOSP Automuestreador marino MAS - 78 | | | | | | |
| Exploración y pruebas con varillaje | Cono dinámico Cono estático Veleta | | | | | | |
| Exploración y pruebas sin varillaje | Cono estático Geodof o SEACAF Veleta de cable o veleta "Halibut" Prueba de bombeo | | | | | | |
| Exploración indirecta | Perfilador de reflexión sísmica continua prospección sísmica | | | | | | |

TABLA 6

PROPIEDADES DETERMINADAS EN EL LABORATORIO
CON FINES DE DRAGADO

| BASE DEL PROCESO | SUELOS NO COHESIVOS | SUELOS COHESIVOS | ROCAS |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Disgregación y remoción del material. | <ul style="list-style-type: none"> * Compacidad relativa. * Granulometría. * Permeabilidad. Densidad de sólidos. Contenido de agua. Contenido de carbonato de calcio. Contenido de materia orgánica. Forma de los granos. | <ul style="list-style-type: none"> * Cohesión. * Peso volumétrico saturado. * Límites de consistencia y contenido de agua * Viscosidad de la suspensión agua-suelo. * Adhesión. | <ul style="list-style-type: none"> * Origen geológico y estructura mineral. * Resistencia a la compresión. * Resistencia a la tensión. * Peso volumétrico. Grado de alteración. Dureza. Tenacidad. |
| Transporte del material. | <ul style="list-style-type: none"> * Peso volumétrico. * Granulometría. Forma y dureza de los granos. Contenido de carbonato de calcio. Contenido de materia orgánica. | <ul style="list-style-type: none"> * Peso volumétrico. * Viscosidad de la suspensión agua-suelo. Contenido de carbonato de calcio. Contenido de materia orgánica. Límites de consistencia. | <ul style="list-style-type: none"> * Peso volumétrico. |
| Depósito y tratamiento del material. | <ul style="list-style-type: none"> Peso volumétrico. * Granulometría. * Forma de los granos. Contenido de carbonato de calcio. Contenido de materia orgánica. | <ul style="list-style-type: none"> * Límites de consistencia. * Contenido de materia orgánica. Peso volumétrico seco máximo. | <ul style="list-style-type: none"> * Peso volumétrico. |

* Pruebas imprescindibles para la determinación de las características del material.

Pruebas en suelos no cohesivos

Compacidad relativa.- Esta información es indispensable para seleccionar la herramienta apropiada para disgregar el suelo, ya que ésta puede variar desde un tubo de succión, hasta el empleo de cortadores con dientes de ratón que desprendan el suelo con capas delgadas y con un gran consumo de energía.

Granulometría.- Esta información se requiere porque la distribución granulométrica del material afecta a:

- a) La magnitud de energía de corte utilizada para disgregar el suelo, a través de su efecto sobre el ángulo de fricción interna y sobre la permeabilidad de éste.
- b) La velocidad crítica de succión y las pérdidas de carga que se inducen durante ésta.
- c) Al desgaste de la tubería de transporte y el rendimiento de éste, ya que los granos mayores de 0.3 mm. pueden depositarse en el fondo de la tubería y reducir su área útil. En contraste, la fracción de arcilla contribuirá a disminuir su desgaste, incrementando la viscosidad del fluido y reduciendo la resistencia al bombeo.
- d) El tiempo de carga y descarga cuando el material se transporta en tolva o barcaza, está influenciado en forma muy importante por este parámetro, ya que los suelos gruesos se depositarán en el fondo rápidamente. En cambio, las arenas finas y los limos permanecerán en suspensión y serán arrastrados al mar nuevamente.

Por otra parte, al emplear el producto de dragado como relleno, la granulometría será determinante para estimar las pérdidas de material, la pendiente de éste y su calidad, además de que el porcentaje de finos influirá en su permeabilidad y compresibilidad.

Permeabilidad.- Su determinación a través de permeámetros es importante porque el proceso de corte afloja el suelo y crea un vacío en la zona disgregada, que hace fluir el agua contenida en el suelo hacia ésta.

Densidad de sólidos.- Esta influye sobre la velocidad crítica de succión, y en la potencia del equipo de bombeo, en función del peso volumétrico del fluido por bombear. Así mismo influye sobre el desgaste del equipo cortador o de los cucharones y almejas.

Forma y dureza de los granos.- Estas son importantes porque tienen gran influencia en el desgaste de la tubería de transporte y en bomba, además de afectar el desgaste de las herramientas de corte. La forma puede estimarse y describirse cualitativamente; la dureza puede definirse con la escala de Mohr.

Contenido de agua.- El valor de este parámetro índice es un auxiliar en la identificación del suelo, a la vez que permite calcular su relación de vacíos, cuando se considera que el suelo está saturado y se conoce su densidad de sólidos.

Contenido de cal.- Este factor es importante en la disgregación y remoción del suelo porque se refleja como cohesión, que incrementa las fuerzas de corte. Cuando esta cohesión alcanza valores extremos se llega al caso de las rocas suaves (areniscas).

Contenido de materia orgánica.- Este afecta el proceso de corte y disgregación en las dragas de arrastre. En el caso de dragas de succión afecta el transporte del suelo, produciendo gases que ocasionan problemas de vacíos dentro de las tuberías.

Así mismo, ocasiona problemas de comprensibilidad y capacidad de carga en los rellenos formados con el material dragado.

Pruebas en suelos cohesivos

Cohesión.- Este parámetro es el principal factor en la determinación de la resistencia al corte y en la elección del equipo más adecuado para disgregar y remover el material. Su importancia al estimar el rendimiento es fundamental.

Granulometría con hidrómetro.- Es importante para definir la velocidad de sedimentación del suelo y la viscosidad de la suspensión formada por el agua y los granos menores a 0.010 mm., para transportar y depositar el material producto del dragado.

Peso volumétrico natural.- Este es un factor importante para determinar tanto la fuerza de succión que debe inducirse en la boca del tubo, como la potencia necesaria para el transporte hidráulico horizontal, cuando se forman terrones de material.

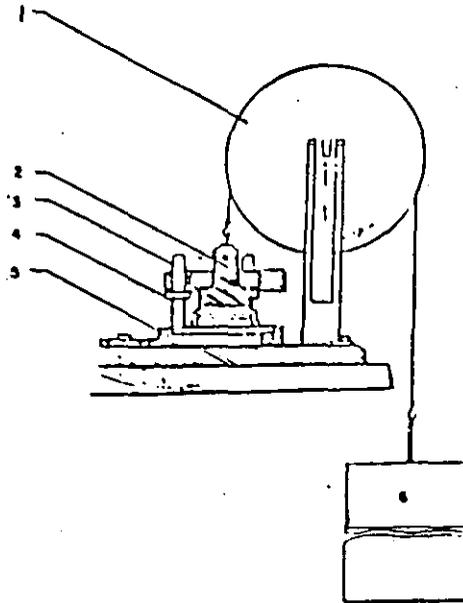
Límites de consistencia y contenido de agua.- La combinación de sus valores determina el comportamiento de los suelos cohesivos a lo largo de todo el ciclo de dragado, influyendo sobre:

- a) La posibilidad de obstrucción del cortador o de la cabeza del tubo de succión;
- b) La formación de terrones arcillosos durante la disgregación y el transporte hidráulico;
- c) El grado de dificultad para vaciar los cucharones, botes o almejas de dragado;
- d) Las pérdidas de materiales durante el proceso de carga en la barcaza o tolva;
- e) La calidad del relleno formado con el producto dragado.

Por otra parte, la resistencia del suelo se puede estimar en forma indirecta y aproximada a través de dichos límites, empleando el índice de plasticidad y el índice de fluidez. Los valores de la resistencia obtenidos así deben emplearse con precaución porque generalmente son un poco menores a los reales, y quedan al lado opuesto al conservador para el dragado.

Adhesión.- Este parámetro también está ligado con el grado de dificultad para vaciar los cucharones de los cortadores. Su determinación puede hacerse por medio del aparato propuesto por Sakharov con tal fin. Este consta de las siguientes partes principales:

1) polea , 2) cabeza móvil con dado circular , 3) guía , 4) anillo confinante ; 5) base y dado interior , 6) contrapeso.



Clasificación de los suelos según su adhesión.

| Clasificación | Esfuerzo de adhesión (Kg/cm ²) |
|----------------------------|--|
| Poco adhesivo | 0.1 |
| Moderadamente adhesivo | 0.1-0.25 |
| Adhesividad importante | 0.25-0.40 |
| Adhesividad muy importante | 0.4 |

Aparato para determinar la adhesión del suelo (Sakharov).

De acuerdo con el mismo autor la prueba de adhesión se efectúa en muestras inalteradas de 10 cm². de área y 1cm. de espesor, montadas en un anillo semejantes a los empleados en pruebas de consolidación. Este anillo y el dado inferior permiten que la muestra sobresalga 5 mm., para que el dado superior la aplaste hasta deformarla 2 mm., gracias a una carga aplicada en forma creciente y uniforme, en un lapso de 10 seg. Posteriormente, debe aplicarse una fuerza creciente lenta y uniforme en el contrapeso hasta despegar a éste de la pastilla .

Viscosidad.- La viscosidad del fluido es un parámetro muy importante en el transporte hidráulico del suelo, y debe determinarse en soluciones salinas al 3%, con porcentajes de sólidos tomados de una muestra representativa que varfe del 5 al 25%. Deben determinarse los valores correspondientes a diferentes porcentajes de sólidos para definir una curva viscosidad - porcentaje de sólidos en solución

APLICACION DE LA INFORMACION EN EL DRAGADO

La información obtenida durante los trabajos de campo y laboratorio debe permitir tanto la elección de las herramientas de corte o disgregación, como la del equipo de remoción y transporte. Adicionalmente, debe definirse si el producto del dragado es apropiado para formar un relleno.

Aprovechamiento del material dragado

El material que se ha removido en un proyecto de dragado puede ser utilizado como relleno, para agregados pétreos en la elaboración de concreto, para pavimentos, dependiendo de sus características.

Cuando se emplea como relleno, previamente a su colocación deben construirse, en caso necesario, bordos de contención a base de arcilla debidamente colocada y compactada con la altura necesaria para contener el material y previendo el drenaje para conducir los finos en suspensión. Debe prevenirse la remoción de suelos vegetales y lodos en la superficie donde se vaciará el relleno, así como la existencia de materiales compresibles o licuables bajo la zona, observando la posibilidad de construir futuras instalaciones sobre ellos.

En general los materiales granulares son adecuados para la construcción de rellenos, llevando un control eficiente de la compacidad relativa, principalmente si se contemplan construcciones sobre el área. Por otro lado, los suelos granulares, generalmente limpios de finos durante la extracción por succión, pueden ser empleados como agregados pétreos una vez verificada su granulometría y sometida a un proceso de lavado.

Los materiales finos no son recomendables como relleno debido a su deformabilidad. Es práctica común colocar este tipo de materiales mar adentro o en zonas que no se requerirán a corto plazo.

5.- ELABORACION DEL REPORTE TECNICO

Aunque la elaboración del reporte técnico es una de las partes más importantes de la ejecución de un estudio de mecánica de suelos, frecuentemente es la parte a la que se le dedica menos atención y tiempo. Esto ocasiona algunas veces que la información resulte difícil de entender e insuficiente.

El contenido técnico del reporte debe concentrarse en dos puntos fundamentales:

- 1) Definir la calidad y distribución de los diferentes tipos de suelos y rocas en el área por dragar.**
- 2) Definir completamente las propiedades que afectan la eficiencia del dragado.**

APLICACION DE LA GEOFISICA EN EL DRAGADO

Como complemento de los estudios geotécnicos, tenemos los estudios geofísicos, que es una modalidad de aplicación a la ingeniería submarina. Este procedimiento nos permitirá obtener información en tirantes de agua hasta 200 m. y espesores de la capa sólida de hasta 800 m. bajo el fondo del mar. Para ello se requieren equipos de gran resolución acústica que difieren de los equipos de exploración marina convencional.

El objetivo de los estudios geofísicos, es el conocimiento del subsuelo marino en grandes extensiones, donde no es operante realizar sondeos puntuales.

El conocimiento completo del suelo y subsuelo marinos requiere del uso conjunto de tres tipos de equipos; los destinados a investigar el tirante de agua, los del fondo marino y los que exploran el subsuelo del mismo. Todos los equipos son empleados simultáneamente a bordo de una embarcación especialmente equipada, la cual, de acuerdo a un recorrido programado en la zona por estudiarse, permite llevar a cabo el levantamiento geofísico marino. Posteriormente y mediante el auxilio de computadores se lleva a cabo el procesamiento de la información para que la interpretación geológica y geofísica pueda plasmarse en planos y perfiles descriptivos del área que se estudia.

Los equipos empleados para explorar el fondo marino están constituidos por ecosondas y sonares de barrido lateral, los cuales permiten obtener la magnitud del tirante de agua y la topografía del fondo marino. El funcionamiento de estos equipos es similar y se basa en el principio de la emisión de pulsos acústicos de alta frecuencia que al chocar con cualquier objeto o superficie se reflejan en forma de eco para ser recibidos por el transductor que los emitió; si se mide electrónicamente el tiempo entre la emisión y recepción y se supone constante su velocidad en el agua, se está en condiciones de conocer el tirante de agua. Las frecuencias normales de operación de la ecosonda y el sonar lateral son de 200 y 100 KHz., respectivamente.

La diferencia básica entre la ecosonda y el sonar de barrido lateral es que el pulso acústico del ecosonda está dirigido verticalmente hacia abajo y permite obtener sólo el perfil batimétrico del fondo, mientras que el sonar emite los pulsos a ambos lados del transductor con un grado de inclinación vertical prefijado, lo cual permite obtener una fotografía acústica del fondo hasta varios centenares de metros a babor y estribor.

Los dispositivos para investigar el subsuelo marino funcionan en forma similar a la descrita, para el sonar de barrido lateral variando solamente las frecuencias de emisión, ya que mientras aquellas son altas, éstas son relativamente bajas y de mayor potencia. Los componentes de estos dispositivos: fuente de emisión de señal, unidad receptora de señal y unidad de grabación, son similares en todos ellos.

Los equipos destinados a proporcionar información del subsuelo marino pueden clasificarse a su vez en perfiladores someros y profundos, los cuales basan su operación en los principios de sísmica de reflexión marina.

Los perfiladores someros son equipos de mayores resolución y frecuencia en sus señales de emisión, lo que los hace lograr penetraciones relativamente pequeñas. El sistema más simple funciona con la vibración discreta de un diafragma activado electrónicamente. El rango de frecuencia de operación de los perfiladores someros se encuentra entre 400 y 4 000 Hz.

De los perfiladores profundos, los más difundidos son los que funcionan produciendo una descarga eléctrica que crea un pulso acústico en el agua salada, así como los que funcionan mediante la explosión de gases a través del uso de válvulas neumáticas. Estos operan en rangos de frecuencias variables entre 20 y 600 Hz.

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

El trabajo de gabinete se inicia con la obtención del plano de posicionamiento de los puntos levantados, para lo cual se procesan los datos del sistema de navegación y se obtienen así las coordenadas ortogonales de dichos puntos. Posteriormente se efectúa la lectura de los registros analógicos de campo que proporciona cada uno de los sistemas electrónicos empleados, así como el proceso numérico de los datos digitales.

Los registros de la ecosonda proporcionan el nivel del transductor al fondo del mar, por lo que tendremos que añadir la distancia que se tiene del mismo a la superficie del agua para conocer el tirante local. Estos registros se corrigen por variación de mareas, profundidad del transductor bajo el nivel del agua y variación de oleaje durante el levantamiento; ello se lleva a cabo en forma automática en un microprocesador que configura analíticamente y gráficamente la batimetría de la zona estudiada. Los registros del sonar lateral o sonogramas proporcionan una fotografía del fondo del mar en base a reflejos laterales sobre dicho fondo o sobre los objetos o eventos que se encuentren sobre el mismo. En base a ello se sujetan a un proceso de interpretación y medición de posición de los eventos mencionados a efecto de ubicarlos en la proyección ortogonal del levantamiento. En los registros de los perfiladores se eligen los horizontes reflejados que han de ser reproducidos en planos y perfiles para después medir los tiempos de reflexión de los eventos geológicos con los cuales se calculan los espesores de formaciones en base a las leyes de velocidades de transmisión de las sondas en los estratos existentes; posteriormente se efectúan correcciones por geometría general de unidades emisoras y receptoras, separación entre unidades y por su profundidad bajo la superficie del agua.

Con los datos de sondeos geotécnicos es posible obtener el significado geológico de cada uno de los reflectores, así como sus características mecánicas.

Con los datos del ecosonda debidamente corregidos se forma el plano batimétrico, el cual se genera interpolando las profundidades para obtener la configuración del fondo del mar. Con los datos del perfilador somero se obtiene un plano de isopacas que representa los espesores de los sedimentos no consolidados que se encuentran entre el fondo del mar y la primera capa consolidada. En el caso de los horizontes de reflexión del perfilador profundo, se elabora uno o varios planos estructurales de estos reflectores y en ellos se representan las estructuras geológicas formadas por estos horizontes con todos sus accidentes, tales como fallas, paleo, canales, zonas de erosión y otros de importancia.

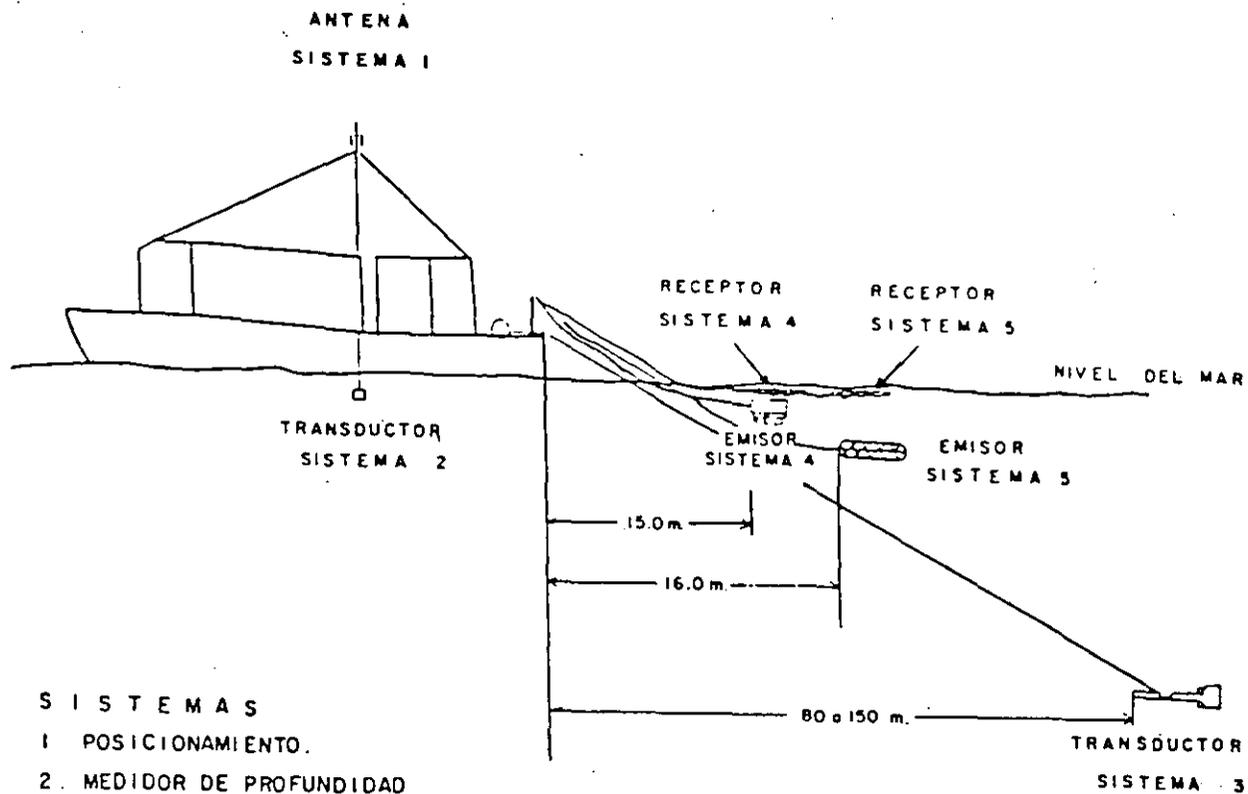
Otro método geofísico muy frecuentemente utilizado por su precisión y confiabilidad, es el Método Sísmico de Refracción, que puede tener la Modalidad de Arreglo Vertical.

Esta técnica consiste en poner un arreglo de geófonos en posición vertical y generar energía a base de estopines (carga explosiva plástica), a diferentes distancias, logrando con esto penetrar en los materiales del fondo marino.

Con el arreglo anterior se obtienen las velocidades de propagación de las ondas en los bloques de roca y en las arenas, además de su espesor.

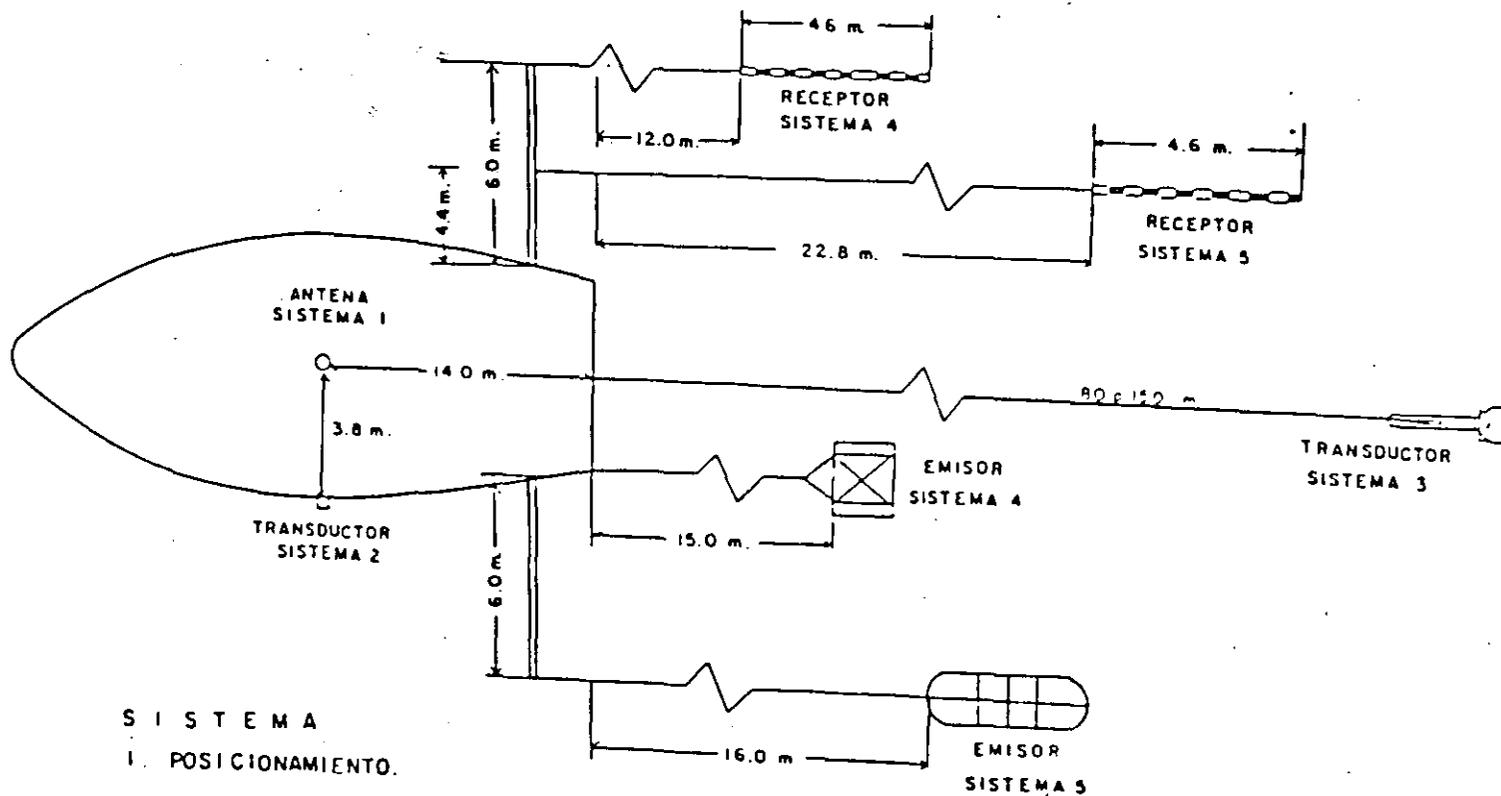
La forma más rápida y económica de conocer las condiciones del fondo y subsuelo marino para fines de ingeniería es la de efectuar un levantamiento geofísico de alta resolución, el cual, complementado con datos de sondeos geotécnicos, permite alcanzar un buen grado de conocimiento del subsuelo para los objetivos del dragado.

Al efectuar un levantamiento geofísico, debe considerarse que debe realizarse una correlación con sondeos de penetración estándar (puntuales) que se localizarán en los puntos más convenientes del área a levantar, de acuerdo a los resultados que se esperan obtener.



- S I S T E M A S
1. POSICIONAMIENTO.
 2. MEDIDOR DE PROFUNDIDAD.
 3. SONAR DE BARRIDO LATERAL.
 4. PERFILADOR SOMERO
 5. PERFILADOR PROFUNDO.

DISPOSICION ESQUEMATICA EN PERFIL DE
LOS EQUIPOS EN EL AGUA.



S I S T E M A

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

DISPOSICION ESQUEMATICA EN PLANTA DE
LOS EQUIPOS EN EL AGUA.

5.- CONDICIONES QUE AFECTAN EL DRAGADO

Dentro de las principales condiciones que afectan directamente al dragado, tenemos las siguientes:

VIENTOS

Se define el viento, en general, como el movimiento de las masas de aire; sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es: corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre; una variación a esta definición está representada por los "vientos orográficos" que circulan en forma ascendente.

El viento se atribuye a las desigualdades de la densidad del aire, y a las presiones bajas y altas; el excesivo calentamiento del aire hace que éste se dilate y se anime de un movimiento ascendente dejando un lugar vacío en el lugar en donde se dilató, o centro de baja presión barométrica; este vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

El viento es el principal generador de oleaje y su efecto sobre la costa es permanente, provocando, además, mareas de vientos y fuerzas sobre las estructuras; de ahí la importancia de su estudio desde el punto de vista de las obras marítimas y la ingeniería de costas.

A la velocidad con que sopla se le denomina intensidad y se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo (m/seg, Km/seg, nudo); para su medición se utiliza la escala internacional llamada de BEAUFORT (modificada) que se presenta en la tabla 7

T A B L A 7
E S C A L A D E B E A U F O R T

| Clasificación | Velocidad del viento a 10 m de altura Km / H | Altura promedio de las olas en m. |
|----------------------------|---|--|
| 0 Calma | 0 - 1 | 0 |
| 1 Brisa | 1 - 5 | 0 |
| 2 Viento suave | 6 - 11 | 0 - 0.3 |
| 3 Viento leve | 12 - 19 | 0.3 - 0.6 |
| 4 Viento moderado | 20 - 28 | 0.6 - 1.2 |
| 5 Viento regular | 29 - 38 | 1.2 - 2.4 |
| D.T.6 Viento fuerte | 39 - 49 | 2.4 - 4.0 |
| D.T.7 Ventarrón | 50 - 61 | 4.0 - 6.0 |
| T.T.8 Temporal | 62 - 74 | 4.0 - 6.0 |
| T.T.9 Temporal fuerte | 75 - 88 | 4.0 - 6.0 |
| T.T.10 Temporal muy fuerte | 89 - 102 | 6.0 - 9.0 |
| T.T.11 Tempestad | 103 - 117 | 9.0 - 14.0 |
| H. 12 Huracán | 118 - | más de 15 m. |
| D.T. Depresión tropical | T.T. Tormenta Tropical | H. Huracan |

Salvo condiciones de protección muy específicas, en la generalidad de los casos al llegar el viento al grado 5 viento regular, será necesario suspender la operación del dragado, al dificultarse permanecer en posición y como medida de seguridad del equipo y accesorios.

MAREAS

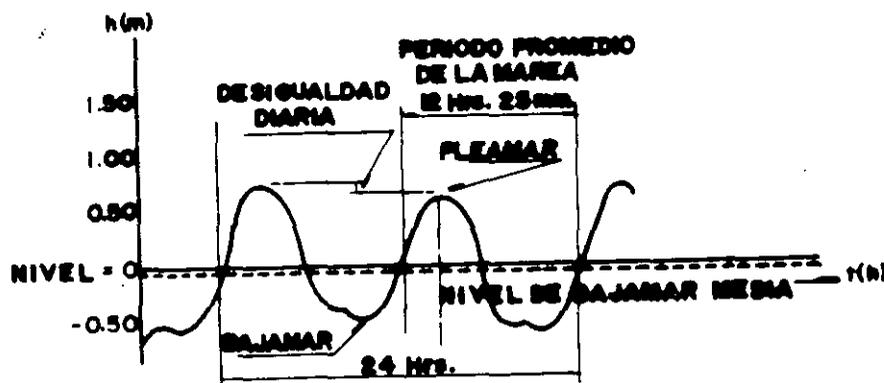
Cuando se trate de mareas, surgirán dos preguntas:

- ¿ Por qué es importante tener conocimiento acerca de las mareas ?
- ¿ Qué es exactamente una marea ?

Contestar la primera pregunta es muy simple. Las razones pueden ser :

- Reclamación de áreas costeras
- Cierre o apertura de bocas
- Problemas de seguridad de estructuras
- Problemas de intrusión salina
- Generación de energía
- Transporte de sedimentos
- Etc.

La segunda pregunta se contesta parcialmente observando la siguiente figura : marea es la oscilación periódica del nivel del mar, producida principalmente por la atracción de los astros y la rotación de la tierra.



La variación de las mareas, ocasionará diversas corrientes con dirección variable, que se deben tener en consideración al realizar cualquier trabajo de dragado.

El dragado deberá contar con el calendario o el cálculo detallado de la fluctuación de la marea, ya que al llegar a la profundidad que indica el proyecto, no deberá rebasar más allá de la tolerancia que se ha concedido.

Un erróneo conocimiento de la marea puede ocasionar no llegar a la profundidad de proyecto, teniendo que regresar posteriormente a redragar el área, o profundizarse más allá de la tolerancia, volumen este que no podrá ser cuantificado para efecto de cobro. Ambos aspectos encarecerán la operación.

Las profundidades en los puertos están referidas al Nivel de Bajamar Media (N.B.M) para el Golfo de México y Mar Caribe, y a Nivel de Bajamar Media Inferior (N.B.M.I) para el Océano Pacífico. Ambas se obtuvieron tomando el promedio de las medidas más bajas registradas diariamente durante un período.

CORRIENTES

En general se pueden definir a las corrientes como el desplazamiento de una masa de agua, determinadas por dos características: dirección y velocidad.

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirigen; es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en éstos se considera de donde sopla y no hacia donde sopla. La velocidad de una corriente se expresa tradicionalmente en nudos, cuando se trata de aspectos relativos a la navegación (1 nudo = 1 milla náutica por hora = 1 853 m/h), o bien en m/seg.

Las corrientes para su estudio se pueden dividir en cuatro apartados: corrientes oceánicas, corrientes inducidas por el viento, corrientes por marea y corrientes en la costa producidas por oleaje. Aunque en relación a su ámbito también pueden clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su área relativa de influencia, resultando obvia su diferenciación.

En relación a la corriente, se presentarán problemas cuando la dirección de la draga y la corriente sean diferentes.

Cuando la corriente es en sentido transversal a una draga de succión con cortador, pueden existir problemas en el winche que hace abanicar la draga en el sentido contrario a dicha corriente. Para una draga grande, una velocidad de dos nudos puede ser el límite para no tener dificultades, en cambio para una draga de cangilones, esta velocidad puede subir a tres nudos.

En dragas autopropulsadas, los motores propulsores deberán tener la potencia necesaria para vencer la resistencia de la corriente.

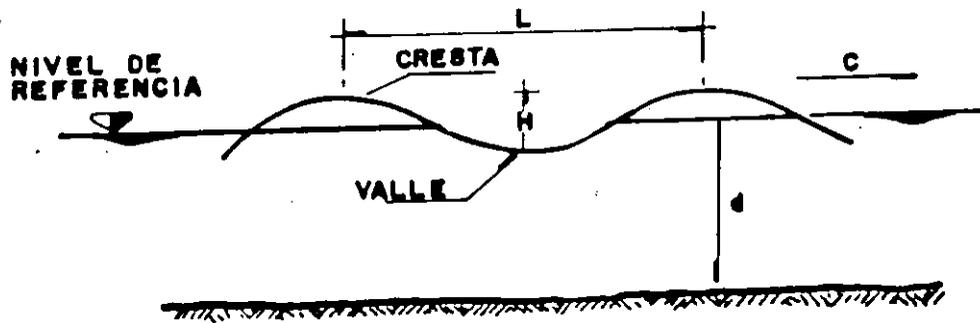
En el caso de ríos, generalmente las corrientes fuertes son producidas por avenidas, existiendo además el peligro de los obstáculos flotantes que pueden averiar seriamente al equipo al golpearlo, llegando incluso a producir vías de agua.

En este caso la operación deberá suspenderse.

OLEAJE

Si se para una persona en la playa y observa el mar, podrá ver que arriban a ella olas de diversos períodos y alturas; horas después, en la misma playa, el observador notará que la línea de costa ha retrocedido o avanzado, con respecto a la primera posición vista, debiéndose ello al efecto de la variación del nivel del mar inducida por las mareas, mismas que tienen un relativo largo período y no son perceptibles en pequeños lapsos de observación. Las olas, por el contrario, no han variado prácticamente en nada y pueden distinguirse con tan sólo unos instantes de observarlas; ello es debido a que son de "corto período".

Con la finalidad de describir el oleaje, se ha idealizado la siguiente onda:



Los principales problemas que se pueden presentar en una draga debido al oleaje, son deformaciones o roturas en la escala o en los zancos, los mismos fenómenos se pueden presentar en la tubería.

Si tenemos arena suelta, al extraerla con una draga de succión con cortador, podremos tener un magnífico rendimiento, el cual se desplomará si tenemos oleaje fuerte en un lapso del 50 al 75 % del tiempo.

En la tabla 8 se observan ciertas recomendaciones de alturas máximas de ola para diversos equipos de dragado.

T A B L A 8

MAXIMA ALTURA DE OLA PARA DRAGADOS.

| TIPO DE DRAGA | OLA DE TORMENTA (m) (PERIODO 5 SEG.) | OLA EN MAREJADA (m) (PERIODO 10-15 SEG.) |
|--|--|--|
| Chalán pequeño equipado | 0.3 - 0.5 | 0.2 - 0.4 |
| Chalán grande equipado | 0.5 - 1.0 | 0.4 - 0.8 |
| Draga estacionaria pequeña con tubería | 0.2 - 0.5 | 0.2 - 0.5 |
| Draga estacionaria media con tubería | 0.5 - 1.0 | 0.3 - 0.6 |
| Draga estacionaria grande con tubería | 1.0 - 1.5 | 0.8 - 1.2 |
| Draga autopropulsada | 0.6 - 1.0 | 0.4 - 0.8 |
| Draga autopropulsada con compensador de oleaje | 2.0 - 4.0 | 2.0 - 4.0 |

TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta se transportan a lo largo de ella; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente entre la línea de playa y la zona de rompientes, aunque también fuera de ésta existe transporte.

El estudio del transporte de sedimentos es importante para diferentes aspectos:

- En ingeniería de costas el acarreo litoral, determina el diseño de protecciones costeras.
- En el dragado es importante por los problemas de volumen acarreado en función del tiempo, ocasionando azolves en zonas previamente dragadas.

Por otra parte, es importante asentar que el principal objetivo en el estudio de transporte de sedimentos es predecir si se tendrá una condición de equilibrio o existirá erosión o depósito y determinar las cantidades involucradas. La cantidad de transporte de sedimentos, expresada como masa, peso o volumen por unidad de tiempo, puede ser determinada por medio de mediciones de campo o por métodos analíticos.

Las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje; provocan esfuerzos cortantes sobre los sedimentos sólidos y hacen que sean transportados en suspensión o por el fondo en distancias más o menos grandes y depositados en zonas tranquilas. Por ello antes de emprender la realización de una obra es preciso tomar en cuenta las posibles interacciones entre el fluido en movimiento y los sedimentos del fondo sobre los que éste actúa.

Por otro lado las vías navegables en desembocaduras de ríos están sujetas además del acarreo litoral en su desembocadura, al transporte de sedimentos en suspensión (arcillas, limos) que bajan de la cuenca, principalmente en época de avenidas, depositándose en las zonas de mayor profundidad, donde al aumentar el área hidráulica disminuye la velocidad.

TEMPERATURA

Referente a la temperatura, ésta puede ser muy alta o muy baja. Cuando se tiene un trabajo en condiciones tropicales (alta temperatura), nuestra atención debe estar enfocada al consumo de diesel en los motores, ya que éste se ve afectado, en cambio cuando tenemos un trabajo en condiciones de muy baja temperatura, tenemos que vigilar la lubricación de los motores, con el fin de prever cualquier posible daño.

TOPOHIDROGRAFIA

La topohidrografía del terreno, es la condición que en una forma prioritaria afecta el dragado, ya que resultan evidentes las condiciones más o menos sinuosas del fondo marino, sus pendientes, etc.

En el caso de un dragado con cortador y succión, las condiciones del frente pueden impedir que la draga abanique de acuerdo a su máxima capacidad.

En dragas autopropulsadas, pueden existir obstáculos que dificultan ponerse en posición o, que el recorrido sea muy corto, lo cual incrementará el costo del dragado.

Existen zonas muy difíciles de dragar, como pueden ser los rincones o esquinas de dársenas, donde no se puede acercar ningún otro equipo que no sea una draga estacionaria pequeña.

TRAFICO MARITIMO

Otra condición que afecta el dragado, es el tráfico marítimo en canales de acceso a los puertos, ya que éste, ocasionará la suspensión de las actividades al tener que retirar la tubería flotante, en el caso de las dragas estacionarias.

Todavía será más crítico el caso, cuando además de la tubería deba retirarse la propia draga con sus anclas y traveses, debiendo posicionarla posteriormente al paso de la embarcación.

En igual forma, una draga autopropulsada tendrá también que retirarse del sitio de trabajo, al cruzar un buque por el puerto, siendo este paro menos crítico que el de la draga estacionaria.

6.- ESTUDIOS TOPOHIDROGRAFICOS

En este capítulo daremos las principales características de los diferentes métodos para realizar levantamientos batimétricos, poniendo especial énfasis en los sistemas de posicionamiento, comparándolos y dando ventajas y desventajas.

Adicionalmente se describe el método más moderno de posicionamiento por medio de satélite, describiendo sus principales características.

Como se sabe para realizar el levantamiento topográfico de una zona cubierta por agua, es necesario contar con una embarcación en la cual se coloque un equipo capaz de medir la profundidad bajo la misma y, a determinados intervalos de tiempo o de distancia, hacer coincidir la medición de la profundidad con el posicionamiento del vehículo portador del equipo de medición de la profundidad.

La forma de medición de la profundidad puede ser muy diversa, desde simples estadales de madera o aluminio de 4 o 5 m. de longitud, la sondaleza que consiste en un tramo de cuerda con nudos a cada 50 cm. o un pie, hasta las ecosondas digitales que miden la profundidad por medio del cálculo del tiempo que tardan las ondas de sonido de baja o alta frecuencia en ir desde la embarcación hasta el fondo y regresar (eco).

En lo que respecta al posicionamiento, éste se puede realizar, para el caso de mediciones muy puntuales y en donde la precisión del posicionamiento no sea muy relevante, con un sextante visualizando dos puntos conocidos en la costa de los cuales se conoce la distancia entre ellos, pudiéndose obtener precisiones en los décimos de minuto los cuales significan algunos cientos de metros. Otro método es el de colocar dos tránsitos en dos puntos de posición conocida en tierra, conociendo también de antemano la distancia entre ambos, lo que nos permitirá posicionar a la embarcación midiendo los dos ángulos de la base del triángulo formado por los aparatos y la embarcación en el momento de realizar la medición de la profundidad, esto es, la medición de la profundidad y de los ángulos debe de ser simultánea y sincronizada. Esto se hace por medio de bandereros.

Este método tiene el inconveniente de que la densidad de puntos de medición que se obtiene no puede ser muy alta, ya que cuando mucho la embarcación se puede posicionar cada 30 segundos y esto sólo si se cuenta con personal con mucha práctica para seguir a la embarcación, medir los ángulos rápidamente y apuntarlos. Otro inconveniente consiste en que, en cuerpos de agua muy amplios, este método solo puede cubrir franjas de agua cuando más de 3 kilómetros y esto sólo en casos excepcionales de muy buena visibilidad y oleaje no muy severo.

Y por último la trayectoria de la embarcación es difícil de conservarla recta lo cual provoca que algunos de los transectos o secciones que recorre el vehículo se traslapen y queden algunas zonas con una densidad más alta de puntos y otras con poca información.

Adicionalmente este método sólo funciona durante el día y la ventaja es que se puede utilizar cualquier tipo de embarcación inclusive no cubierta, ya que el único equipo a bordo es la ecosonda, equipo que soporta bastante bien la brisa y no es muy costosa, dependiendo de la marca y modelo, siendo la normal una del tipo Raytheon de 6.000 a 7.000 U.S. dólares.

Una variación del método de los dos tránsitos consiste en colocar uno solo de ellos en uno de los puntos y medir el ángulo entre la embarcación y la línea base en tierra y sobre el tránsito un equipo capaz de medir la distancia entre el tránsito y la embarcación, ya sea por medio de estadia, o por un distanciómetro.

En la actualidad se han desarrollado métodos muy modernos con alcances de hasta 5 kilómetros, los que son muy adecuados en zona confinadas tales como canales de navegación o en trabajos que requieren una pronta movilización.

Un método más reciente, es aquel que consiste en colocar en lugar de los tránsitos, antenas respondedoras de radar, las cuales son interrogadas a cada cierto intervalo de tiempo por un equipo que va dentro de la embarcación; el mencionado equipo que va en el vehículo en movimiento es capaz de reconocer a cada una de las antenas respondedoras colocadas en tierra y de calcular la distancia que existe entre el equipo maestro a bordo y las mismas, por lo que, conocidas las coordenadas de los puntos de colocación de dichas antenas en tierra es posible resolver el triángulo y calcular la posición de la embarcación.

El método es bastante preciso y pueden conseguirse equipos que graben las distancias en cinta magnética, discos flexibles o duros, junto con la información de la profundidad ya digitalizada o cualquier otro tipo de información susceptible de digitalizarse como puede ser la salida de un perfilador somero del subfondo, de un sonar de barrido o de un termógrafo, etc.

Como inconvenientes del método están los siguientes:

- Necesidad de contar con una poligonal de apoyo terrestre para la colocación de las antenas, la cual puede en muchas ocasiones, resultar más costosa o del orden del levantamiento batimétrico mismo.

- El equipo requiere de energía eléctrica tanto en la lancha como en tierra para su operación, la cual es normalmente proporcionada por baterías o motogeneradores, piezas ambas que normalmente dan muchos dolores de cabeza, no obstante que con las nuevas tecnologías los consumos de energía son cada vez menores, del orden de pocos amperes o incluso décimas de amper. Para varios equipos la alimentación debe tener un voltaje de 24 volts, lo que implica tener que usar dos baterías de automóvil pesadas y delicadas en su manejo.

- Como para la medición es necesario que exista línea de vista entre la embarcación y las dos antenas en tierra, es necesario, frecuentemente cambiar de posición las antenas o colocar varias y, en muchas ocasiones, el acceso a los puntos de colocación es difícil, ya que frecuentemente éste es sólo por mar y en puntos escarpados, como sucede en muchas islas, recordando que adicionalmente a las antenas hay que llevar baterías y al menos una gente para que las cuide, instale, desinstale y oriente.

- A estos equipos se les debe alimentar con las coordenadas de las estaciones en tierra y en base a éstas, él mismo calcula las coordenadas y las graba o imprime. En el último caso, es decir, en el de optar por la impresión de los resultados, el paso de éstos al plano para la configuración es bastante tardado ya que es una gran cantidad de puntos, en general uno cada segundo. Por lo anterior lo más recomendable es grabar la información y utilizar algún paquete para computadora que plotee los datos y que obtenga y dibuje las líneas de nivel o batimétricas, es decir que las configure.

- Este tipo de equipos por su alto costo no es recomendable montarlos en embarcaciones ya que normalmente soportan una brisa severa, siendo más adecuado emplearlos en tierra. La antena maestra debe tener de 3 a 4 m. de altura sobre el nivel del agua para tener una mejor cobertura.

POSICIONAMIENTO POR SATELITE (G.P.S.)

Existen también los sistemas de posicionamiento por satélite que, desde aparición en los años sesentas, han venido mejorando mucho en simplicidad y su costo ha venido descendiendo sensiblemente.

Los primeros equipos eran bastante pesados y requerían algunas veces de horas para poder calcular la posición en las tres coordenadas de algún punto, actualmente existen algunos que pesan menos de 2 Kg. y obtienen posición hasta con intervalos de un segundo, además de consumir poca energía.

Una de las grandes ventajas de éste sistema es que pueden conectarse directamente con una microcomputadora portátil e ir almacenando la información en discos flexibles, además de que el posicionamiento sirve también para guiar a la embarcación y obtener una mejor cobertura del área a levantar.

Como principal ventaja de dichos sistemas está el hecho de que solamente requiere colocar una antena de posicionamiento en tierra, en algún punto que domine toda el área y el otro viaja en la embarcación, existiendo comunicación entre equipos por ondas VHF o UHF. Lo anterior implica la utilización de menor cantidad de vehículos y de gente.

Los equipos de posicionamiento cuentan con sensores que reciben en la banda L las señales de código C/A, enviadas por los 17 satélites actuales del sistema global de posicionamiento NAVSTAR, número de satélites que en un futuro será incrementado a 24.

Este sistema es el comunmente llamado GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM), por sus siglas en inglés, consistiendo en una red de posicionamiento y navegación de 10 mil millones de dólares, desarrollado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica y fue originalmente concebido como un control de blancos para el sistema de armamento. Desde hace algunos años, su uso se ha extendido al ámbito civil en la navegación terrestre, aérea y marina.

El GPS por el momento, tiene libre acceso para cualquier usuario. Cuando el sistema esté totalmente concluido, contará con 21 satélites operacionales y tres de repuesto.

Cada uno de los mencionados satélites, orbita la tierra a 17,700 kilómetros de altura dos veces al día, transmitiendo constantemente su posición en el espacio y en el tiempo usando relojes atómicos con una precisión de 1 segundo cada 300,000 años.

Con la información que envían los satélites, un equipo receptor es capaz de computar su posición (la del receptor) en cualquier punto de la tierra en cualquier momento del día.

La precisión del posicionamiento del equipo receptor depende de varios factores, principalmente de la recepción de información de diferentes satélites y de la altura de los mismos sobre el horizonte (a mayor altura, mejor precisión).

Los equipos receptores "leen" un mínimo de 3 satélites para posicionamiento en dos dimensiones y cuatro para tridimensional. Básicamente todos los equipos comparan el tiempo en el cual la señal de un satélite se recibe, con el tiempo en que la señal fue transmitida, pudiéndose calcular con ésto la distancia entre el satélite y el receptor.

El concepto de posicionamiento empleando los satélites GPS es bastante sencillo; consiste en medir las distancias del receptor en tierra a cada uno de los vehículos espaciales que se encuentran visibles sobre el horizonte. Conociéndose la distancia a tres puntos en el espacio, de coordenadas conocidas, se puede calcular la posición de cualquier punto en forma tridimensional. Las soluciones ofrecidas por la intersección de tres esferas cuyo radio son las distancias del receptor a los satélites, llevan a dos puntos o lugares posibles en el espacio; el primero, que es el punto sobre la superficie modelada matemáticamente del planeta, y el segundo que es un absurdo, el cual está fuera del mismo.

Para el cálculo de las distancias del receptor en tierra a los satélites, se emplea la ecuación: $d = vt$, en donde:

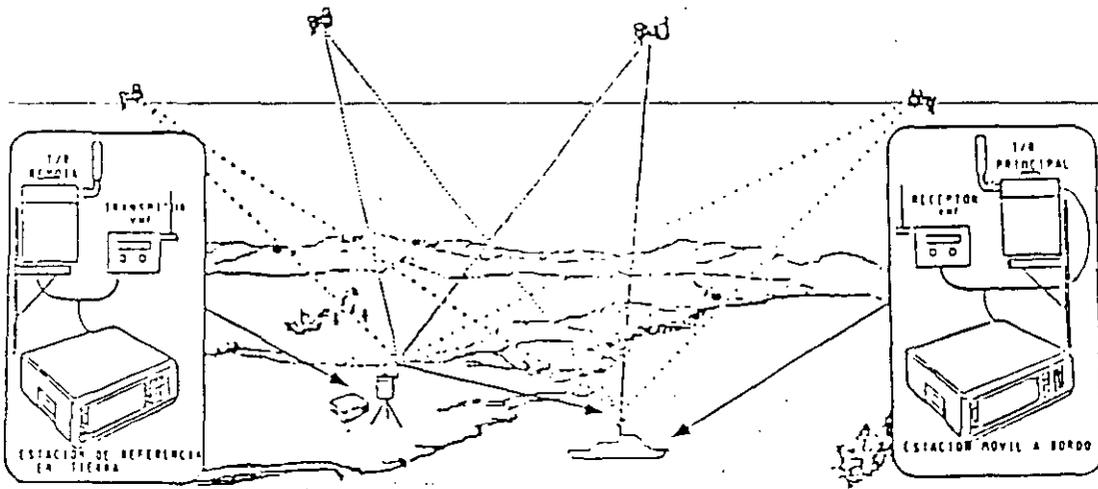
d = Distancia.

v = Velocidad de las ondas electromagnéticas en el espacio, que es constante.

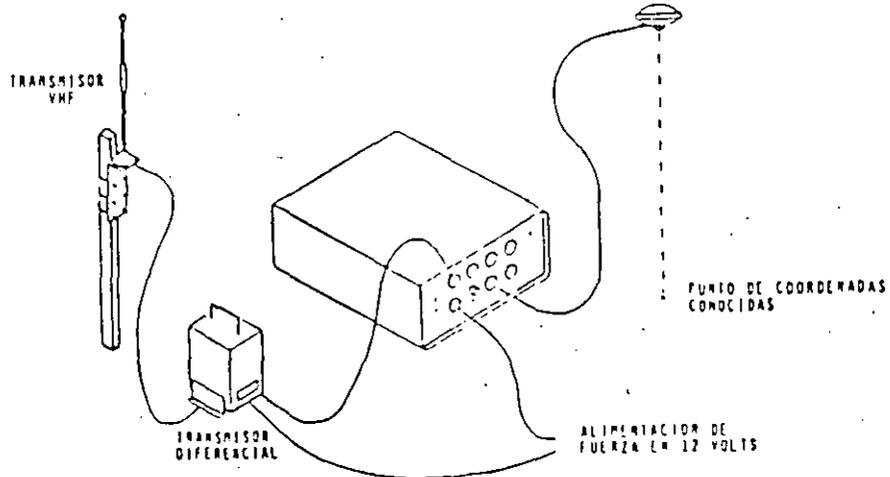
t = Tiempo en segundos desde que sale la señal del satélite, hasta que es recibida por el receptor.

Toda vez que el tiempo de viaje de la señal del satélite al receptor en la tierra tiene una pequeña incertidumbre, debido a que el reloj del receptor no es tan preciso como el del satélite, aunado a los errores debidos a la distorsión y retraso de la señal al viajar por el espacio, la posición lograda con un solo receptor, si el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica no ha realizado un bloqueo de señal, se encuentra dentro del rango de precisión entre 15 y 30 metros. Al instalar un receptor en un punto de referencia, de coordenadas conocidas (X, Y, Z), las desviaciones de la posición pueden ser transmitidas al receptor que se encuentra en la embarcación, con signo inverso, lo que permite conocer la posición verdadera de la embarcación, en coordenadas sobre el esferoide WGS 84 (WORLD GEOGRAPHY SYSTEM) y lograr precisiones semejantes a las de los equipos de posicionamiento electrónico. (del orden de 1.00 m. a 1.50 m.)

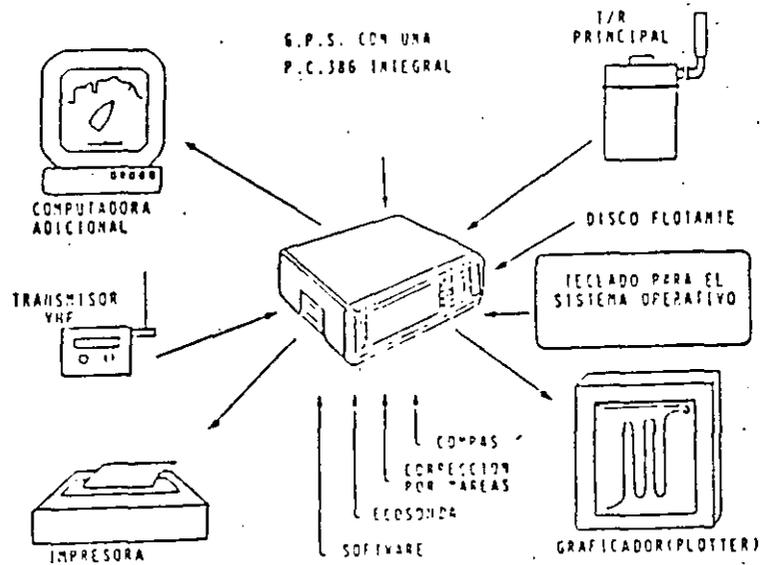
En un momento dado es posible por medio de una computadora adicional a bordo preprogramar los recorridos de la embarcación, controlando la navegación. La coordenadas de los puntos recorridos quedan registrados en un disco.



DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA.



ESTACION DE REFERENCIA EN TIERRA.



ESTACION PRINCIPAL A BORDO.
(FIG. 12)

Como desventajas del método, es el hecho de que no se sabe si en el futuro el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica seguirá permitiendo el acceso total al sistema o si codificará la señal para cobrar alguna cuota por su uso. En general los fabricantes de equipo arguyen que ya hay un número considerable de equipos civiles como para que se tome una medida demasiado drástica y se perjudique a todos esos usuarios, por el momento dadas las grandes ventajas del sistema habría que correr el riesgo.

La mayor parte de los equipos de los tres últimos métodos descritos que llamamos de Distancias, Trilateración y GPS, se deben conectar directamente a una computadora y a través de una interfase poder alimentar también a la computadora con la información de la ecosonda, de un perfilador, de un termógrafo, etc. Es posible con un programa para el manejo de la información ir obteniendo en tiempo real la trayectoria de la embarcación, sus perfiles, y los datos para seguir caminos predefinidos o encontrar puntos, así como realizar postprocesos para obtener volúmenes, planos batimétricos y planos con isolíneas de cualquier tipo vistas tridimensionalmente.

La ecosonda es un instrumento de medición de profundidades en el agua, que computa el intervalo de tiempo requerido para que una onda de sonido, que viaja a una velocidad constante conocida, vaya desde un punto, se refleje en una superficie y regrese.

Si se mide el tiempo entre la transmisión del sonido por medio de un transductor y la recepción del mismo, y la distancia es calculada, se está en condiciones de conocer el tirante del agua.

El ecosonda consta de un rollo de papel graduado donde se van registrando las diferentes profundidades del área en estudio.

Se debe calibrar previamente al inicio de cada trabajo.

Al emplear un ecosonda de baja frecuencia.(20 Khz.) nos permitirá atravesar fondos lodosos, hasta llegar al estrato resistente. El registro de lo anterior puede quedar plasmado en dos gráficas simultáneas (la del área lodosa en la parte superior y la del fondo resistente en la parte inferior), si el ecosonda utilizado es dual, o sea con una baja frecuencia para llegar al estrato resistente y una alta frecuencia (200 Khz) para rebotar en la parte superior del area lodosa.

La configuración del fondo que imprime el ecosonda a través del transductor que va dentro del agua, será una línea de un espesor variable, tendiendo a ser más delgada e intensa, mientras más compacto ó rocoso es el lecho marino, en cambio en suelos blandos o fangosos, la línea tiende a ser amplia y difusa, debido a que la señal que emite el transductor penetra una determinada profundidad en el lecho marino.

En estos casos, se toma como valor de la profundidad la línea media que se trace dentro del espesor dado por la señal e impreso en el papel del ecosonda.

Entonces es importante, el definir con exactitud la profundidad cuando el lecho consiste en lodo, ¿Se comporta un barco en un lecho de lodo de la misma manera como lo haría en un fondo sólido? o, ¿El lodo actúa como un fluido con una densidad tal vez un poco más alta que la del agua? Esto último es lo que ocurre. Se ha encontrado que las capas superiores de lodo recientemente sedimentado actúan como agua gruesa, agua con mayor densidad.

Basados en investigación de laboratorio, se decidió que una densidad menor o igual a 1.2 solamente influye en la maniobrabilidad de un barco, de una manera muy ligera. Esto significa que la profundidad en la cual ocurra una densidad de 1.2 puede definirse como la profundidad accesible o navegable en un canal o dársena.

La sedimentación dentro del nivel que tiene una densidad de 1.2, se denomina la capacidad de paso de la quilla de un buque.

7.- AYUDAS EXTERIORES AL DRAGADO.

Las ayudas o señalamiento que facilitan el dragado pueden ser situados en tierra o en agua, dependiendo de las condiciones físicas de cada trabajo.

Cuando se va a dragar un canal, es indispensable contar en tierra con un señalamiento adecuado (balizas) y en agua (boyas), que nos indiquen los veriles o límites de la plantilla de dragado, así como el eje del canal, lo cual se consigue también por medio de imágenes en pantalla en la computadora existente a bordo, la que procesa las coordenadas del canal o dársena, y determina la posición de la draga a través de un radio-posicionador.

Los señalamientos en tierra, pueden ser a base de estructuras fácilmente detectables a simple vista, normalmente se utilizan estructuras metálicas con un tablero superior, en forma de rombo pintado en un color llamativo que contraste con el fondo. Una enfilación constará de dos señales una más baja en el frente y la más alta en la parte posterior, con una separación aproximada de 30 m. entre una y otra.

Las señales en agua, son a base de boyas flotantes de fibra de vidrio o de tambores vacíos de 200 lt. pintados en un color llamativo. La colocación de estas señales se hace a una determinada distancia fuera del límite de la plantilla, en función de las características del equipo que se utiliza, como es su manga y la posición de la rastra.

Para el dragado nocturno, las señales visuales deben contar con luces alimentadas, por ejemplo con baterías solares, las cuales deben ser intermitentes y de diferentes colores para fácil identificación.

Cuando no se cuenta con luces, deberán adaptarse a las señales tanto terrestres como flotantes, mechones alimentados con diesel, o farolas de gas butano.

Pueden existir algunas estructuras en tierra como pueden ser las escolleras, en las que es muy sencillo pintar los cadenamientos y poner señales luminosas nocturnas.

Adicionalmente las dragas autopropulsadas cuentan con radar, en el que se observan los límites de la costa y los obstáculos flotantes, permitiéndonos en forma aproximada situar la unidad en la zona a dragar.

Sistema de posicionamiento Mini Ranger III

El sistema de posicionamiento Mini-Ranger III es un equipo para la localización de la posición de un vehículo, aeronave o embarcación referenciada con respecto a 2 puntos geográficos de coordenadas conocidas (puntos de referencia), opera bajo el principio de pulso de radar, a través de un radar interrogador transmisor-receptor; localizado en la Unidad Móvil y un radar repetidor (estación de referencia), posicionado en cada punto geográfico conocido.

El tiempo de transmisión entre el transmisor receptor (consola de rangos) y el impulso de respuesta de las estaciones de referencia (antenas) es usado como base para determinar la distancia a cada estación de referencia. Esta información junto con la localización conocida de la estación de referencia puede ser trilaterada para obtener la intersección de la posición de la Unidad Móvil.

El equipo está compuesto de una consola de rangos con antena de banda y de frecuencia estandar o especial, antenas para estaciones de referencia omnidireccionales, adicionalmente el equipo es complementado con un procesador de datos, indicador de rumbos, terminal de operaciones, grabadora, plotter y la opción del video, además para reconocimientos hidrográficos se integra un ecosonda.

Operación General

El primer paso de planificación para el posicionamiento será el de obtener una carta o mapa del área que se intenta operar y definir la zona de trabajo, después de que esto ha sido concretado se seleccionarán varios puntos como sitios potenciales para la ubicación de las estaciones de referencia; determinándose su posición geográfica debiendo ser inspeccionadas visualmente para verificar su factibilidad de uso; por lo que los principales criterios de determinación de los sitios serán:

Distancia

La operación estandar del sistema de señal de línea es de distancias arriba de 37 Km. y cuando es correctamente calibrado a esa distancia el rango probable de error es de 2 m.

Señal de línea

El equipo opera con frecuencia de microondas y requiere que la señal de línea sea mantenida entre cada estación de referencia y el transmisor receptor pudiendo ser utilizado en áreas de follaje ligero, no en el caso de obstrucciones significantes como montes, edificios, estructuras o vegetación densa ya que interferirán la operación del sistema.

Acceso

Los sitios para las estaciones de referencia deberán ser de fácil acceso.

Suministro de energía

Las estaciones están diseñadas para operar con voltajes de 22 a 32 Volts DC o en corriente 115 o 230 VAC con el uso de convertidores.

Posiciones conocidas

Es importante que los sitios de las estaciones de referencia sean conocidos o se determine su posición y podrán ser utilizados sitios tales como faros, balizas de enfilación o cualquier estructura de ayuda para la navegación cuya localización geográfica sea conocida, si no se contara con esta información se deberán establecer bancos a través de técnicas normales de reconocimiento en su caso el sistema Mini-Ranger III por si mismo puede ser usado para establecer bancos locales.

Cobertura de antena

Deberán ser tomados en consideración los patrones de cobertura de las antenas de cada estación.

POSICIONAMIENTO POR SATELITE GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

INTRODUCCION.

El sistema GPS diferencial local, es un dispositivo que emplea las señales de los satélites NAVSTAR del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, para determinar la posición del usuario.

El sistema dentro de su forma diferencial, tiene poco alcance, 12 a 30 Km dependiendo de la altura relativa de las antenas, pero permite obtener precisiones inferiores a un metro en promedio, con un período de operación casi de 24 horas al día, lo que constituye un sistema superior a cualquiera de los existentes, pues en su modalidad de posición absoluta permite navegar a cualquier distancia de la costa, con precisiones de entre 15 y 80 metros.

Para su operación en forma precisa, el sistema requiere de estar siempre en su modo diferencial, para lo cual requiere tener un receptor GPS remoto en tierra y uno móvil en la embarcación, además de 2 radiotransmisores para recibir y enviar información digital, así como dos computadoras.

Lo antes dicho para posicionar una lancha batimétrica, es aplicable para una draga que cuente con este tipo de equipo, aún cuando no exista visibilidad.

8.- PARTES PRINCIPALES DE UNA DRAGA DE SUCCION CON CORTADOR

LA BOMBA DE DRAGADO

Generalidades:

La bomba de dragado diseñada especialmente para este propósito, es la pieza más importante de las dragas hidráulicas de succión y su construcción y funcionamiento son determinantes en su economía y efectividad.

La construcción de las bombas de dragado, es el resultado de continuos estudios y experimentos, no sólo de la aplicación de las leyes de la hidráulica; sino que experimentalmente se determinan las dimensiones más convenientes para permitir el paso de los sólidos, evitar el desgaste excesivo y proporcionarles resistencia suficiente en todas sus partes.

Las partes principales de que se compone la bomba de dragado son:

- a) **El impelente o impulsor**
- b) **La envolvente o carcasa**
- c) **Tapas de desgaste de la bomba**
- d) **Eje impulsor**

Impelente: Este se construye de una aleación de acero al manganeso que resiste en alto grado la abrasión.

Los impelentes de nuevo diseño tienen el cubo roscado, y en él se atornilla el eje evitando que la tuerca y cubierta de ésta, queden dentro de la entrada de la corriente de la mezcla, creando turbulencias y remolinos que causarían restricción o resistencia en la sección de la bomba como sucede en las antiguas.

Las aspas del impelente, son las que efectúan la función fundamental de servir de guía a la mezcla dragada al pasar a través de la bomba.

Teóricamente un mayor número de aspas, guía mejor al material succionado, pero aumenta grandemente las pérdidas por fricción y también se restringe el paso de los sólidos a través de la bomba, particularmente en el centro del impelente, donde convergen las aspas. Se han hecho pruebas de impulsores de tres, cuatro, cinco y seis aspas, habiendo obtenido mejores resultados con el de cinco.

Las aspas del impelente se extienden siempre hasta la periferia, pero no hacia el centro, pues impiden el paso de las piedras, basuras y otros sólidos.

La presión diferencial desarrollada por el impelente, causa una corriente que va de atrás de la descarga a la succión del mismo, a través del sello de la bomba. La cantidad de fuga que tiene lugar, depende de la sobrepresión diferencial y de las dimensiones y forma de la trayectoria.

En una bomba correctamente diseñada, la cantidad de derrame es del 1 % al 2 % del total de lo que ha sido bombeado. Debido a este derrame el sello es una de las áreas de más rápido desgaste. El derrame permitido usualmente puede ser del 5 % al 10 %.

En el lado del eje de la bomba, lleva un casquillo para prevenir el derrame. El servicio de agua al sello, es proporcionado a una presión mayor de la carga creada por la bomba, a fin de asegurar una corriente positiva. La función del sello de agua, es prevenir el desgaste del material del eje y empaque del collarín por la acción abrasiva de los sólidos.

El espacio mínimo que debe existir entre el impelente y la envolvente es de 3 mm. aproximadamente (1/8").

Envolvente o carcaza: La envolvente o carcaza, es la pieza más costosa de la bomba de dragado, no solo por ser la más voluminosa y pesada, sino también debido a la cantidad de maquinado requerido.

Por tal motivo se diseña para hacerla resistente y duradera. Con ese fin el material empleado en su construcción, es usualmente una aleación de acero al manganeso que resiste el desgaste y de secciones gruesas para mayor solidez al impacto de piedras y otros materiales, que suelen pasar por la rastra o por la boquilla de succión. Se construye en dos mitades, la inferior va acondicionada para poderla afirmar a la base o polines. En la superior se dispone la descarga con su brida correspondiente para acoplar la tubería.

Las bombas modernas llevan por el interior de la carcaza, placas de desgaste intercambiables, para aumentar la vida de la primera.

El diseño de la envolvente afecta grandemente la eficiencia de las bombas, pues en ella la energía de velocidad producida por el impelente, debe ser convertida eficientemente en energía de presión.

Las turbulencias, remolinos y pérdidas por choques son inevitables en estas piezas, pero siempre se procura reducirlas al mínimo.

La curvatura de la carcaza, es una espiral o voluta que provee al canal de un aumento gradual en sección transversal. La forma de ésta puede determinarse matemáticamente, pero se procede más fácilmente por métodos empíricos.

Tapas de la bomba: Son dos, de fundición o de placas de acero especial, una corresponde a la succión y lleva al centro la brida de acoplamiento de la tubería, y la otra al lado del eje.

Lleva el prensa-estopas y sello de agua, para evitar el desgaste del eje por abrasión de la arena. Las tapas generalmente están divididas en sentido diametral, formando una pieza superior y una inferior para facilitar el desmontaje. (figs. 13 y 14)

Eje: El eje es de acero y por un extremo va roscado para acoplarlo al impelente, por el otro lado está la brida de acoplamiento al motor o máquina de impulsión. Lleva una chumacera de empuje para contrarrestar el empuje axial.

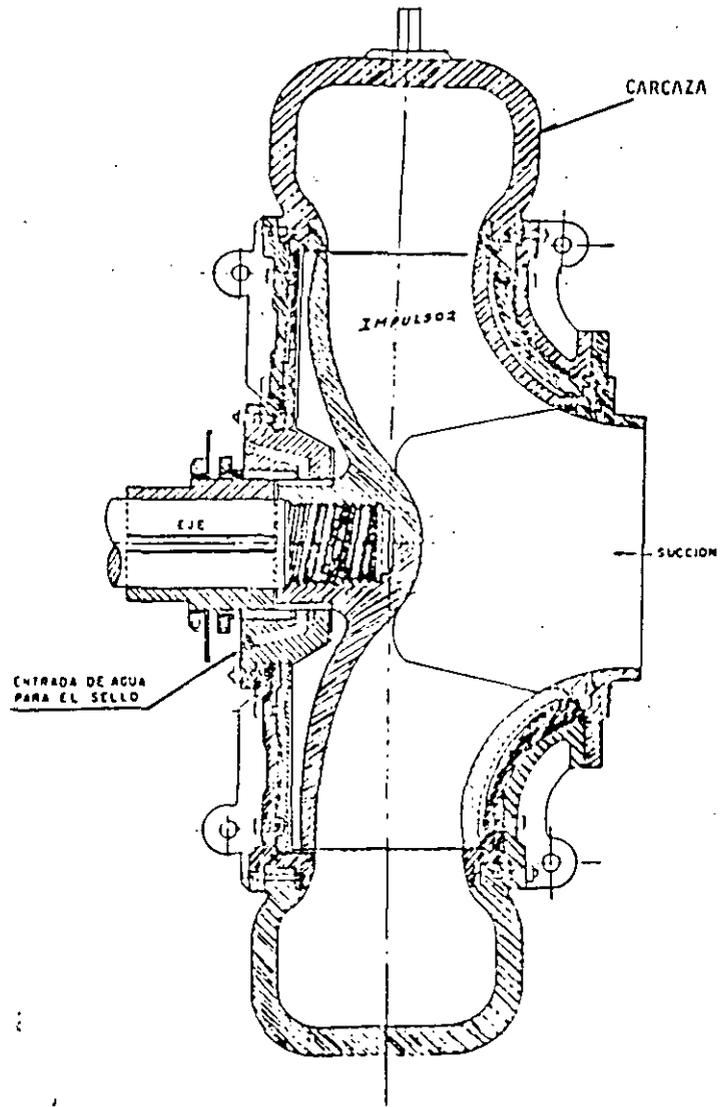


Fig. 13 Sección transversal de la bomba centrífuga de dragado



Fig. 14 Carcaza de la bomba de dragado

Las bombas de las dragas de autopropulsión con tolva son generalmente proyectadas en lo referente a la carga, para succionar una mezcla de agua y sólidos cuyo peso específico es de 1 700 a 2 000 kgs/m³.

Los límites prácticos del contenido de sólidos para bombear esta mezcla, son del 8 al 15 % del volumen de la succión. Un proyecto de bomba sobre esta base, es capaz de dragar con eficiencia materiales, como arcillas, limos, arenas y gravas.

Para diseños prácticos, la velocidad de la bomba de dragado debe ser de 150 a 300 r.p.m.; es aconsejable usar la velocidad más alta posible dentro de este rango, ajustándola de acuerdo a la carga que debe ser desarrollada.

Para obtener un rendimiento efectivo máximo en el dragado, la capacidad de la bomba debe elegirse para que la tolva se llene en el menor tiempo posible, y sin que una cantidad apreciable de sólidos se pierda por el derrame o rebosadero.

Si la bomba no fue diseñada con la capacidad adecuada, tardará más tiempo para llenar la tolva y si está excedida, causará turbulencia en la tolva y mayor velocidad en el derrame, lo que ocasionará que el porcentaje de material retenido sea menor, aumentando consecuentemente el tiempo de dragado.

El rendimiento en el dragado en metros cúbicos por hora en la descarga, es función del diámetro de la tubería de descarga, la velocidad de la mezcla y el % de concentración de la misma. La eficiencia en la bomba dragadora no es sinónimo de la eficiencia de la draga.

La eficiencia en la bomba dragadora, es el movimiento de una unidad de material por abajo del costo de la fuerza motriz, en cambio la eficiencia de la draga, es el movimiento de una unidad de material por abajo del costo total. El movimiento del material al mínimo costo en la planta de fuerza, no necesariamente representa una buena operación de la draga.

La eficiencia de la bomba es su eficiencia hidráulica, la que se ve afectada por pérdidas mecánicas.

Las pérdidas hidráulicas son ocasionadas por remolinos, turbulencia, choques y fricción de la mezcla. Estas se pueden reducir, pero no eliminar, teniendo grandes radios de curvatura en la bomba, evitándose un repentino cambio en la sección o un abrupto cambio de dirección.

Las pérdidas por fugas de agua, llamada pérdida en el gasto a la descarga, pueden llegar a ser fuertes, tanto en la succión como en la descarga, cuando no tienen buenas condiciones de funcionamiento las juntas de la línea.

Las pérdidas de carga mecánicas tienen lugar en conexiones, cajas de prensa-estopas y fricción en la tubería al desplazarse el fluido por ella.

Una longitud adicional equivalente a tubería recta, puede ser encontrada para los codos y partes del equipo.

Las pérdidas por fricción a través de las conexiones esféricas y en las rastras y boquillas de succión, se pueden calcular por la fórmula siguiente:

$$hf = C \frac{v^2}{2g}$$

hf = Pérdida de carga en pies

v = Velocidad en la tubería en pies por seg.

g = Aceleración debida a la gravedad en pies por seg.²

C = Coeficiente de fricción en la carga de succión.

El valor de C no ha sido determinado experimentalmente, pero los valores de 0.4 a 0.5 para las rastras y 0.075 a 0.10 para las conexiones esféricas son muy cercanos a la realidad. La magnitud de las pérdidas de fricción a través de estas partes, son pequeñas y los errores ocasionados por el uso de valores aproximados de C, son despreciables.

En las bombas modernas, el diámetro de la succión es usualmente mayor que el de descarga, lo que origina que la velocidad en esta última se incremente ligeramente.

CORTADOR DE LA DRAGA

El cortador realiza la desintegración del suelo, removiendo los sólidos hidráulicamente por la bomba.

El desprendimiento del suelo es debido a fuerzas externas, las que deben ser mayores a las fuerzas internas del suelo. Las fuerzas externas dependen de la geometría del movimiento y de la fuerza producida por el cortador.

Las fuerzas internas dependen de las características del suelo, el que al ser atacado por los dientes del cortador, genera un esfuerzo a lo largo del plano principal de corte.

La potencia y la fuerza en un cortador están determinadas por:

La fuerza cortante a lo largo del plano de corte.

La fuerza de penetración.

La fuerza de fricción a lo largo de las cuchillas del cortador.

La fuerza de inercia al acelerarse el suelo.

En general en el borde del cortador, se presenta la combinación de movimientos de rotación y traslación, teniéndose una variación del ángulo entre ambos movimientos.

En arcillas, la influencia de la velocidad del cortador sobre la fuerza cortante, no es muy grande, en cambio en arena, la influencia es significativa.

La potencia del cortador depende de la fuerza y la velocidad del corte. Al aumentar la velocidad se incrementará la fuerza.

Durante el proceso de corte en el suelo, se presentan varios tipos de esfuerzos, como es el caso de las arcillas donde ocurrirán deformaciones plásticas.

El esfuerzo cortante que se presenta en un suelo, depende de la cohesión del mismo y el esfuerzo normal del ángulo de fricción interna.

El proceso del corte, es la combinación del movimiento de rotación del cortador sobre su eje y el desplazamiento horizontal (abanicar) debido a la operación de los winches.

El corte en un terreno normal es hacia abajo, sin embargo en un terreno muy duro (rocoso o una arena muy cementada), el corte debe ser hacia arriba, debido a que la componente vertical de la resistencia a la excavación, puede llegar a ser mayor que el peso de la escala, entonces el cortador rebotará.

El diámetro de un cortador por lo general debe ser de 3 a 3.5 veces el diámetro de la tubería de succión. La distancia en sentido axial del anillo del cortador a los dientes más alejados de la espiral, debe ser del orden de 0.7 a 0.8 del diámetro del cortador.

La forma de la cuchilla o dientes dependerá del tipo y dureza del material a dragar.

Para terrenos muy compactos, el cortador va provisto de dientes que pueden reemplazarse cuando se desgasten. La velocidad del cortador variará de 15 a 40 r.p.m., regulándose en función de la dureza del material.

Ángulos de corte y espacio libre: Estos son los ángulos formados entre la cara superior de la cuchilla y la tangente al movimiento de corte, y entre la cara inferior de ésta y la tangente al movimiento citado.

El valor usual del primero oscila entre 20° y 45° de acuerdo con el tipo de suelo, empleándose los más agudos en los suelos suaves y los más abiertos en las arenas compactadas y rocas suaves.

El segundo generalmente oscila alrededor de 10° para minimizar las fuerzas de fricción entre el cortador y el suelo (fig.15 a 19).

Elección del tipo de cortador: El tipo de material, y su compactidad o consistencia, influyen en la elección del borde y curvatura más adecuados para las cuchillas, además de determinar el diámetro del cortador. En relación con esto, se sabe que el cortador de bordes planos, mostrado en la fig.18, es el adecuado para suelos suaves o sueltos; el idóneo para rocas suaves, o para suelos muy duros o muy compactos, es el cortador de dientes. Los cortadores con bordes y vástagos en sierra son los indicados cuando se corta en arcilla firme.

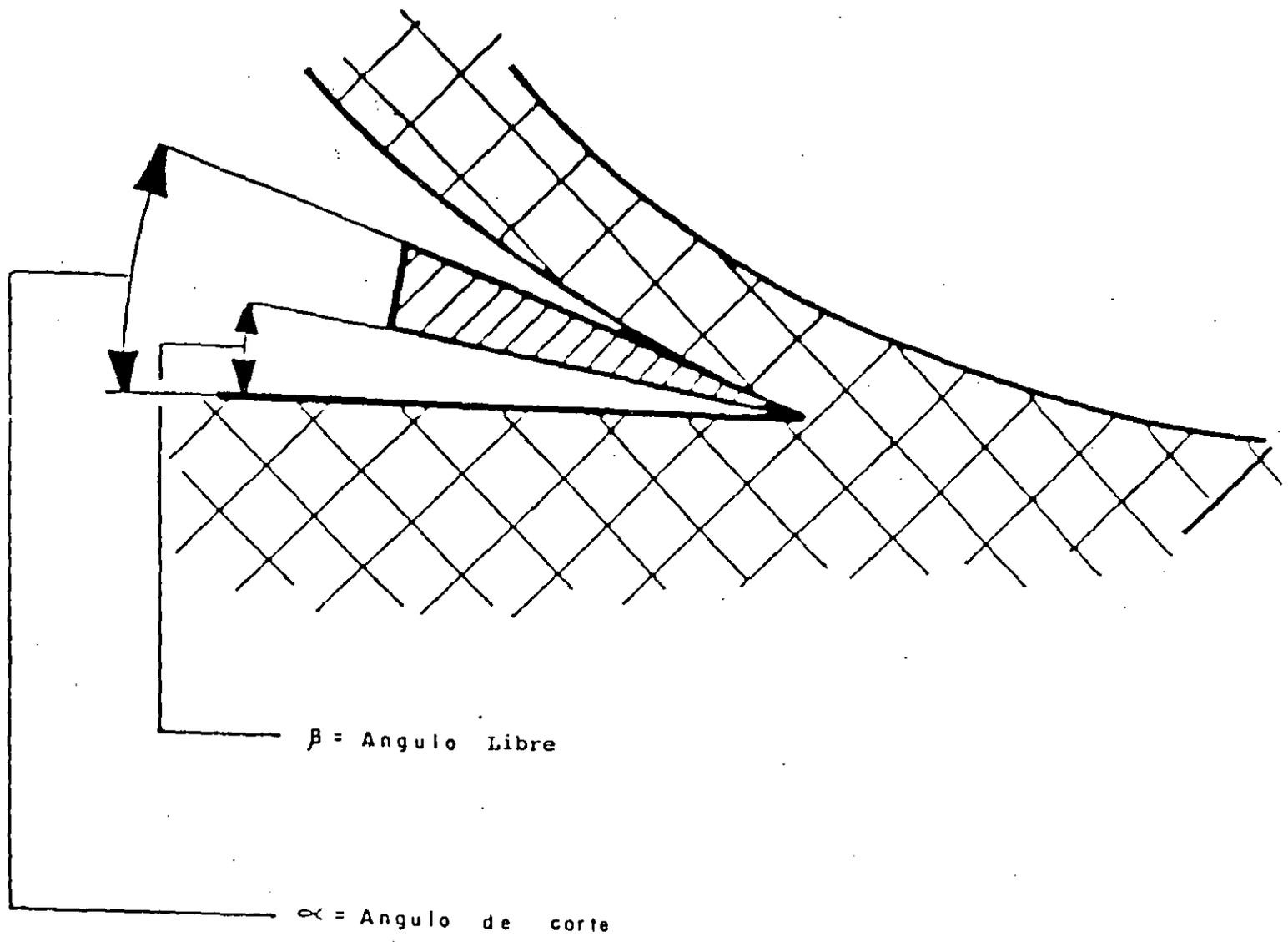
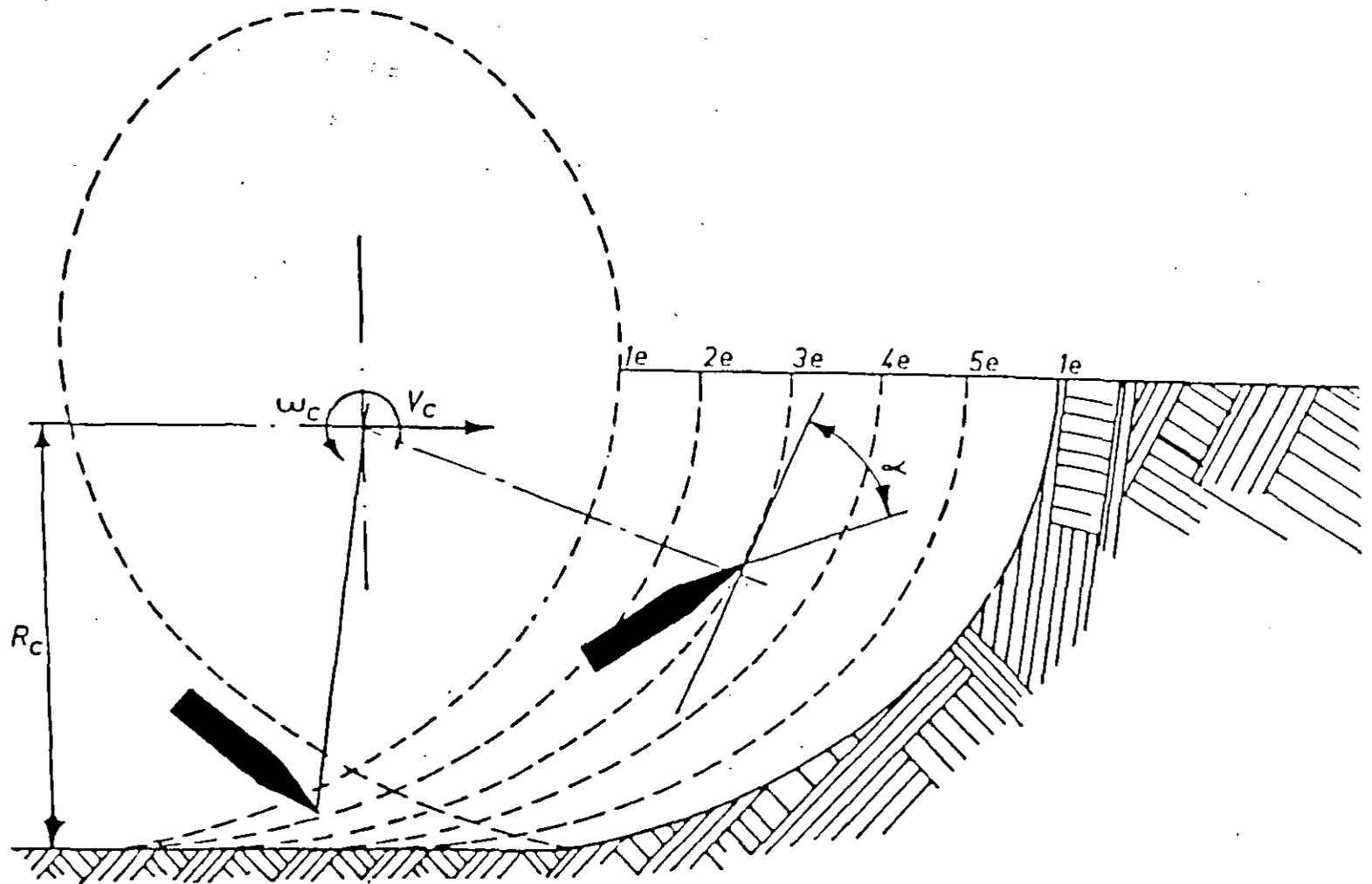
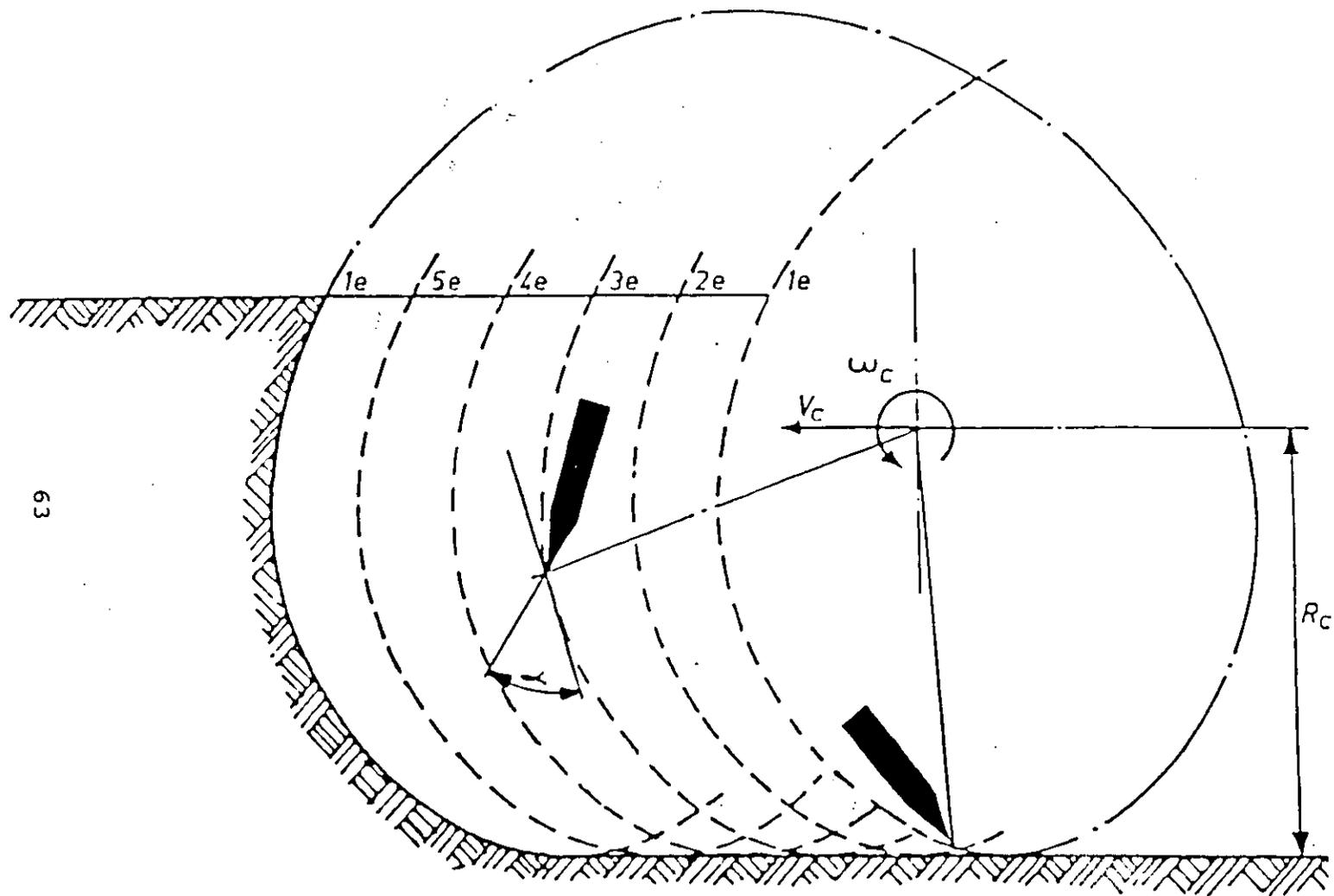


FIG. 15



CORTE HACIA ARRIBA

FIG. 16

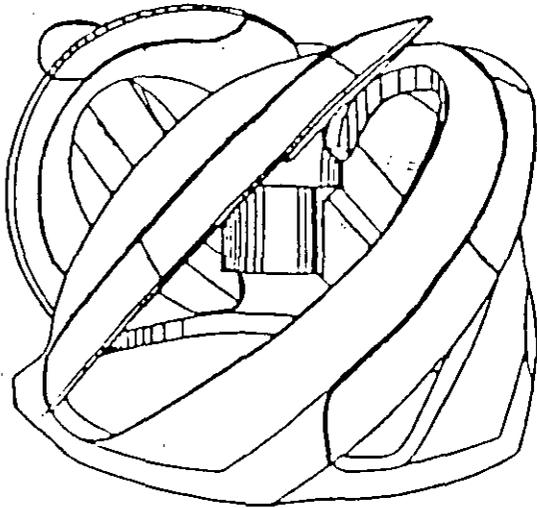


63

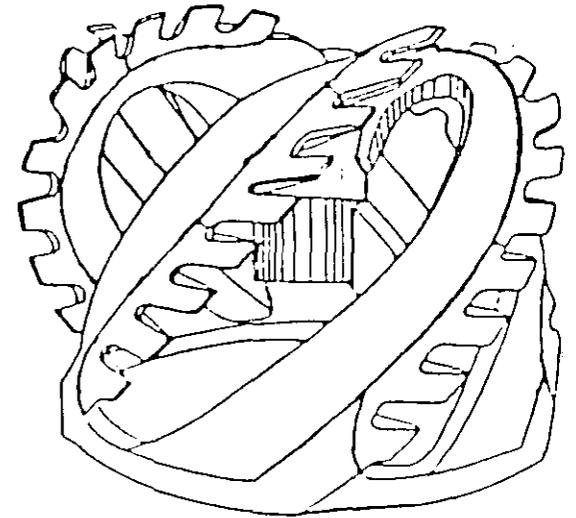
CORTE HACIA ABAJO

FIG. 17

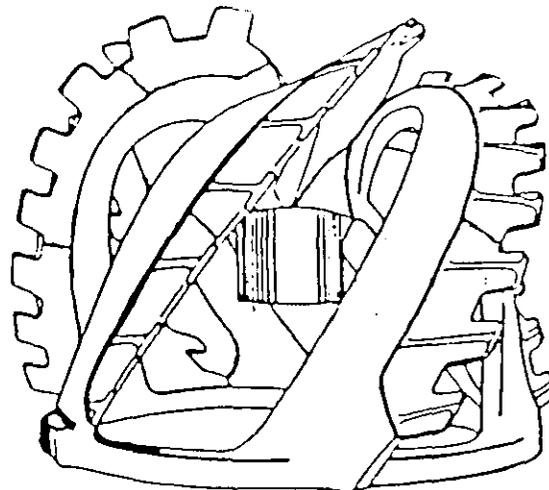
DIVERSOS CORTADORES



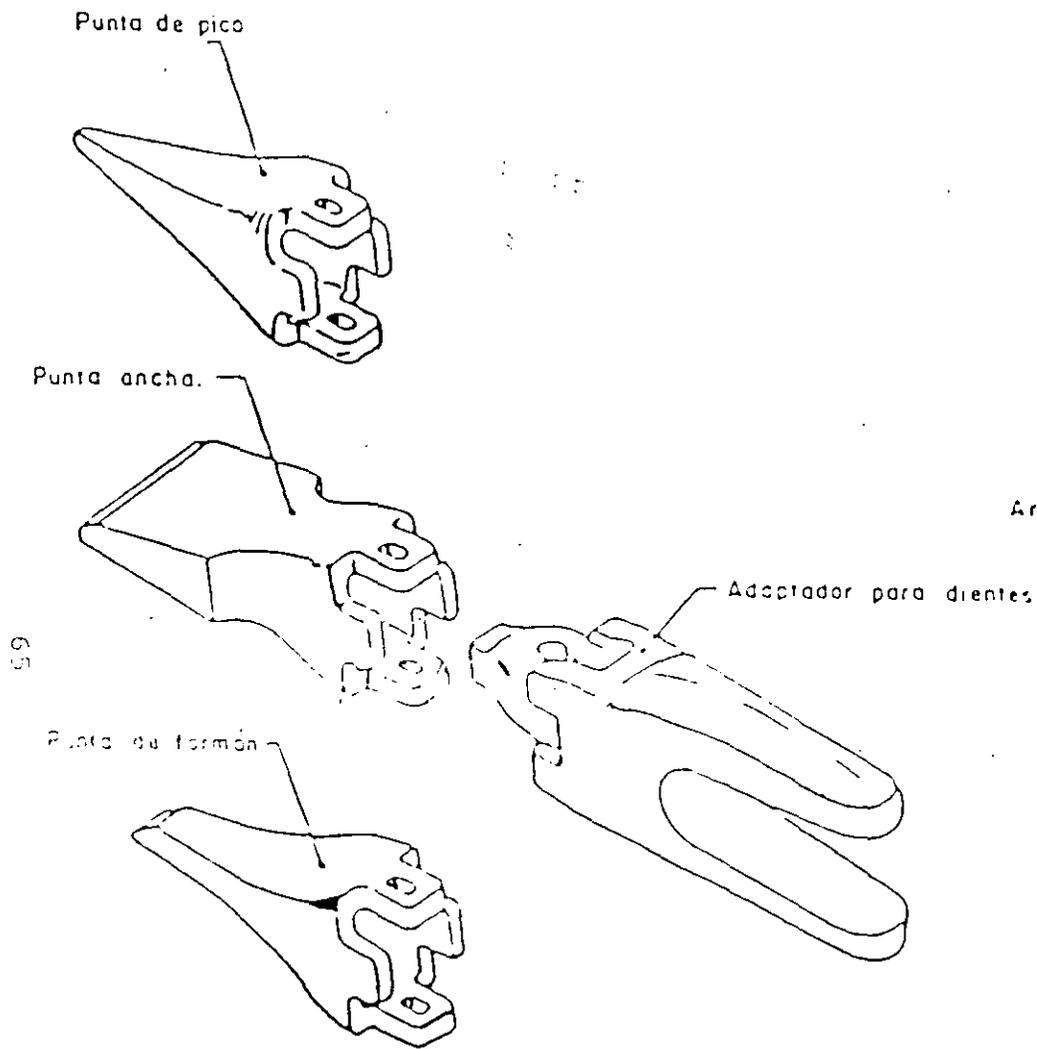
BORDO PLANO (Arena suelta o material blando)



BORDO DE SIERRA (Material semicompacto y compacto)

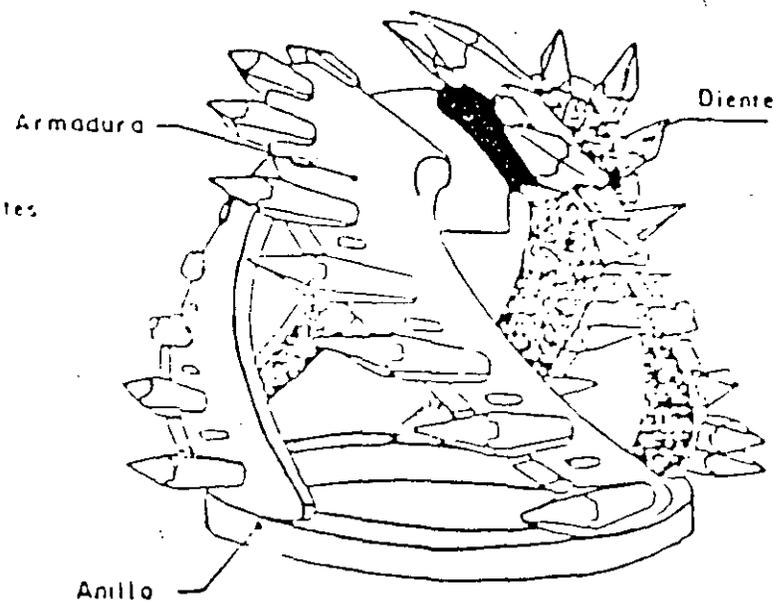


SIERRA CON PENETRACION HACIA AFUERA (Material semicompacto y compacto)



DIENTES DEL CORTADOR

FIG. 19



DIENTES PARA MATERIAL COMPACTO

Sección y curvatura de cuchillas: La plasticidad y la consistencia de la arcilla permite elegir la sección y curvatura más adecuada para evitar la formación de terrones o reducir su tamaño, así como reducir las fuerzas de fricción entre el cortador y el suelo.

Fuerzas de fricción y adherencia: Están ligadas con la adhesividad del suelo y el ángulo de fricción existente entre éste y el acero a través de la relación:

$$T = a + \Theta \text{ tang } \delta$$

que proporciona el esfuerzo constante generado sobre las cuchillas. En ella:

a: adhesividad del suelo

Θ : esfuerzo normal sobre la cuchilla

δ : ángulo de fricción entre la cuchilla y el suelo.

En términos generales y con base en la experiencia se han logrado obtener los siguientes valores por cada abanicada para la altura del corte que puede realizar el cortador.

En arena suelta o semicompacta 3 diámetros del cortador.

En arcilla compacta 1.5 diámetros del cortador.

En material tepetatoso 1 diámetro del cortador.

La relación entre la velocidad de abaniquo y la velocidad del cortador, ambas en m./seg., para diferentes materiales son las siguientes:

$V_h/V_c = 0.02$ a 0.08 materiales duros como coral, tepetate.

$V_h/V_c = 0.08$ a 0.15 materiales normales como arena, arcilla.

$V_h/V_c = 0.15$ a 0.25 materiales como arcilla blanda, arena suelta.

Zancos.- Los zancos son piezas cilíndricas de acero reforzado, y de longitud suficiente para que el extremo inferior cónico o puyón, pueda penetrar en el fondo.

Los zancos se sitúan a popa de la draga y trabajan verticalmente en unas guías dispuestas al efecto.

Se emplean dos zancos, uno para avanzar la draga en el corte o paso, y el otro como punto de giro para abanicar la draga al efectuar el corte, denominándosele zanco de trabajo. La posición de éste, es siempre del lado en que va situado el codo giratorio o cuello de ganso, con objeto de que al bornear éste, tenga poca amplitud de movimiento.

Traveses.- Los cables de acero de los traveses, trabajan en poleas colocadas a ambos lados de la escala de dragado, próxima al extremo inferior de la misma, y se emplean para bornear o abanicar la draga al efectuar el corte.

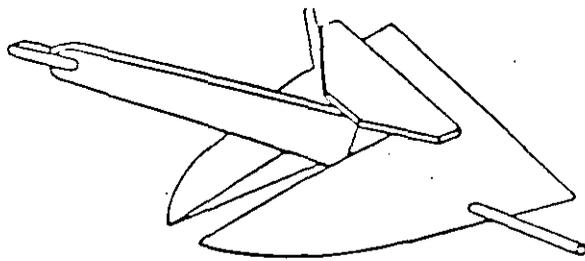
Cada cable se afirma por un extremo al ancla y por el otro al tambor correspondiente de la central de winches, que se opera desde la cabina de control.

Las anclas en las dragas estacionarias tienen una función primordial, ya que deberán estar sujetas firmemente al fondo para garantizar el borneo de la draga, a través de los cables de acero y winches correspondientes.

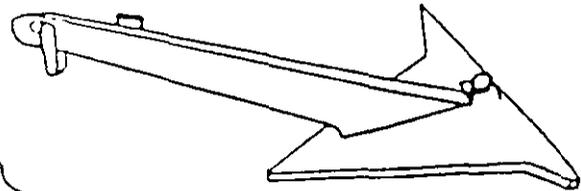
Para una mayor efectividad, es conveniente que el ángulo que forma el cable con la horizontal, no sea mayor de 20°

Los tipos más comunes de anclas son: Danforth, Pool, Delta, Stevin y Flipper Delta.

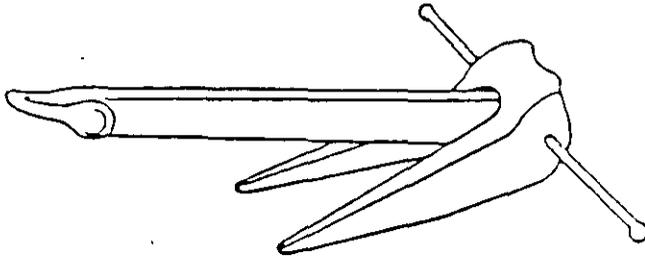
El ancla tipo Flipper Delta, puede resistir un tirón sin moverse del orden de 10 veces el peso del ancla. Es sin duda, la más eficiente de todas. (Figs. 20 y 21)



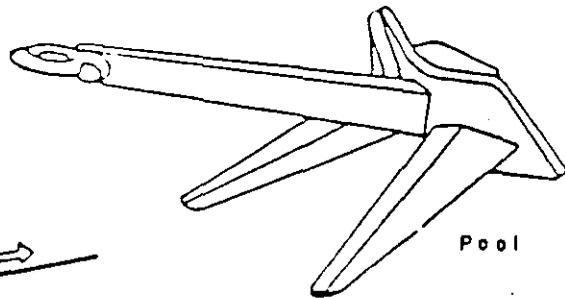
Stevin



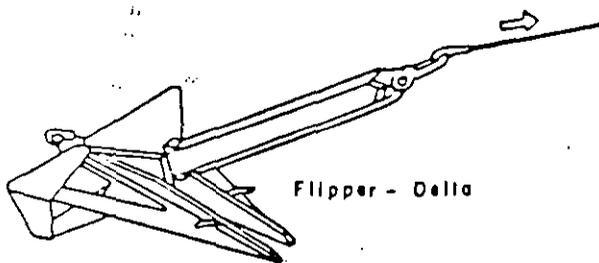
Delta



Danforth



Pool



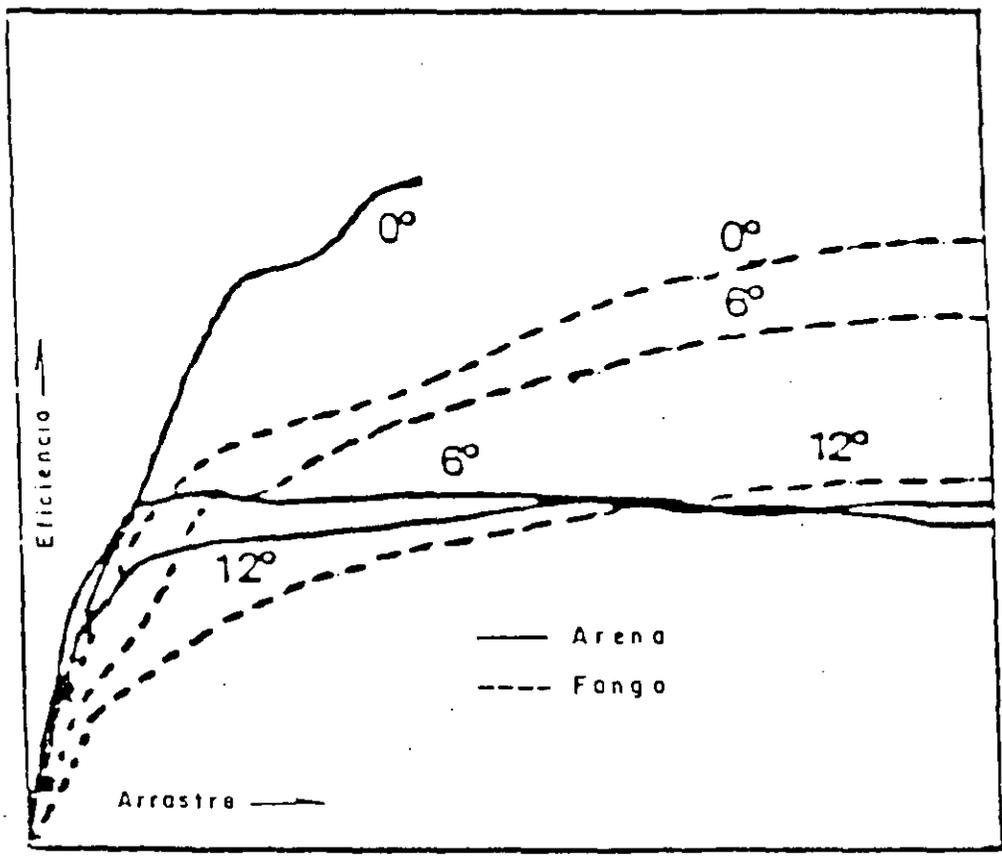
Flipper - Delta

DIVERSOS TIPOS DE ANCLA

FIG. 20

VARIACION DE LA FUERZA DE RETENCION EN ARENA O FANGO
 SEGUN EL ANGULO DE TIRO

69



$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Fuerza de Retención}}{\text{Peso de Ancla}}$$

FIG. 21

EMPLEO DE CABLES DE ACERO EN EL DRAGADO

Generalidades.- El cable de acero es un poderoso auxiliar en el dragado, cuyo uso a bordo en los aparejos de la escala, tubos laterales de succión en maniobras de los zancos, traveses, tirantes de la cabria, vientos de las chimeneas, etc., es tan extenso, que sin él, el dragado no podría realizarse.

Recomendaciones.- Los cables están contruidos por numerosos alambres de acero con características especiales y torcidos en cierta forma, para obtener en conjunto, la mayor resistencia, flexibilidad y como consecuencia, seguridad en el servicio.

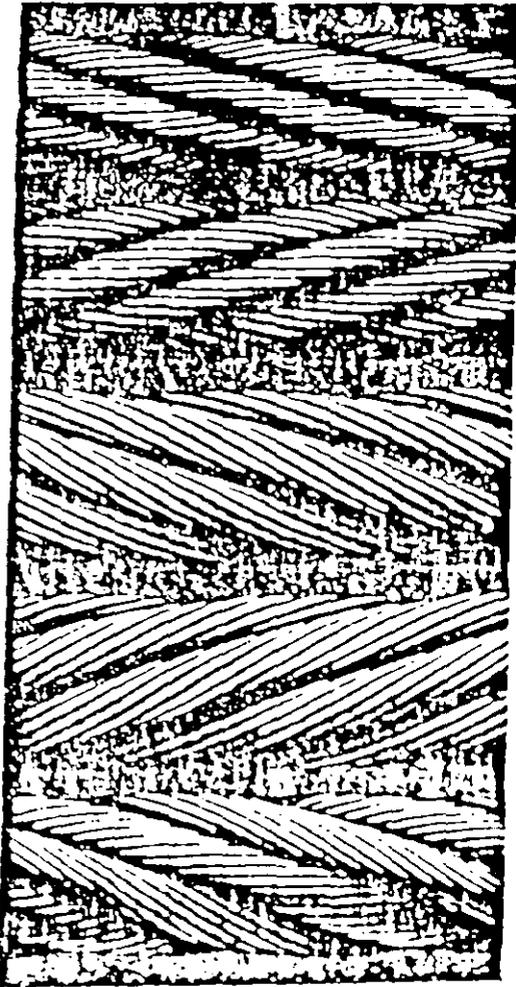
Mientras más numerosos sean los alambres que componen un cable de diámetro determinado, se aumentará su flexibilidad y conforme vaya disminuyendo el número, irá siendo más rígido, pero a la vez se incrementará la resistencia a la tensión, soportando mayores cargas, por lo que será menor su desgaste por fricción (Abrasión). Es decir, la flexibilidad está en relación inversa al diámetro de los alambres individuales que lo componen, a mayor diámetro de éstos, el cable tendrá menor flexibilidad.

Los cables se construyen de varias trenzas llamadas torones, que se van torciendo alrededor de un núcleo o alma de fibra, que los mantiene en su sitio y evita la fricción entre ellos. El alma de fibra puede ser de manila, sisal o henequén, impregnada de un lubricante adecuado. En casos especiales puede ser de algodón, plástico, fibras artificiales o acero.

El alma de fibra, es conveniente cuando el cable va a estar sometido a aplastamientos. La fibra no debe contener humedad y no ser de naturaleza ácida.

El alma de plástico se debe elegir, cuando se necesite que reúna condiciones de impermeabilidad y resistencia a los ácidos y al calor.

Los cables con alma de acero se recomiendan para trabajos que no van estar sujetos a aplastamientos severos, debiendo evitarse que se deformen, ya que una vez aplastados se deteriorarían rápidamente al pasar por las poleas. Este tipo de cable se emplea en aquellos lugares expuestos a muy elevadas temperaturas. (figs. 22 y 23)



REGULAR DERECHO

REGULAR IZQUIERDO

LANG DERECHO

LANG IZQUIERDO

ALTERNADO O HERRINGBONE

Fig. 22 - Torcido de los cables de acero.

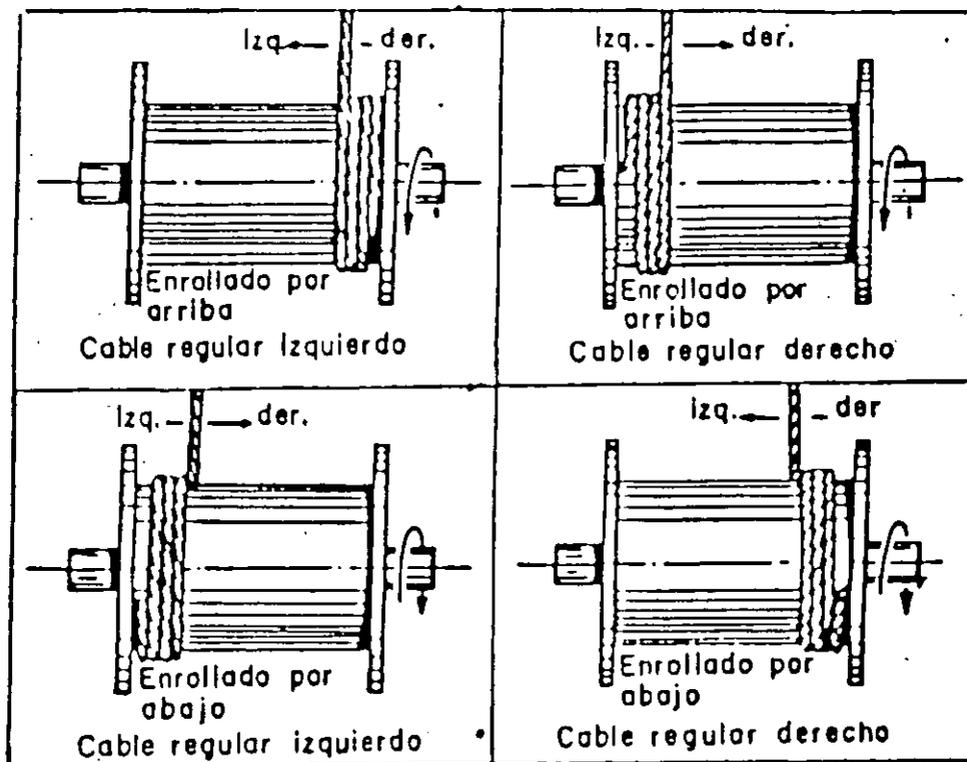


Fig. 23 Recomendaciones para enrollado en el tambor

TUBERIAS

La tubería metálica se fabrica en tramos con una longitud de 12 m. generalmente, y un espesor que puede variar de 6 a 15 mm. (1/4" a 5/8") con el fin de que pueda resistir el momento flexionante que se presentará en el claro libre, al estar apoyada en dos pontones o flotadores.

La tubería flexible es a base de tramos metálicos rígidos de 12 m. de longitud, pero sus conexiones son a base de juntas esféricas o de manguitos de hule. Este tipo de tubería generalmente se usa como flotante sobre pontones.

Para la tubería en tierra se usan generalmente juntas bridadas, unidas con tornillo y tuerca con empaques de hule. En tierra la tubería se apoya sobre caballetes de madera.

Existen también tuberías de diversos materiales ahulados, con longitudes que pueden variar de 3 a 6 m. siendo algunos tipos rígidos y otros semiflexibles que pueden llegar a formar un arco de 30°. Esta tubería va unida por medio de juntas esféricas especiales, que deben ser resistentes al desgaste.

La tubería sumergida se usa en el paso de canales o ríos, que tienen un intenso tráfico de embarcaciones.

Esta será tubería de acero con uniones soldadas para darle hermeticidad, forrado con mortero lanzado el que se adhiere al tubo con una malla de gallinero.

La tubería metálica en la descarga de la draga estará sujeta a una cierta presión, por lo que es necesario que tenga un determinado espesor que podrá calcularse de la siguiente manera:

$$d \text{ min.} = \frac{p \times D}{2 E}$$

d = Espesor mínimo de la pared de la tubería

D = Diámetro interior de la tubería

p = Presión a la descarga de la línea

E = Esfuerzo de tensión del acero

Existe también tubería de polietileno de alta densidad, la que debe usarse en materiales finos como arcillas o limos, ya que la abrasión de un material grueso como arenas o gravas, la desgastaría rápidamente (Figs. 24, 25 y 26)

PONTONES

Los pontones son elementos metálicos o de fibra de vidrio, que sirven para apoyar la tubería flotante, pudiendo ser de diferente forma, según el trabajo a realizar. Es de primordial importancia su diseño para su estabilidad pudiendo absorber fuerzas de oleaje y viento de tal manera que no se giren, ya que destruirían la tubería sujeta en su parte superior.



Fig.24 Tubería florante para descarga de una draga estacionaria

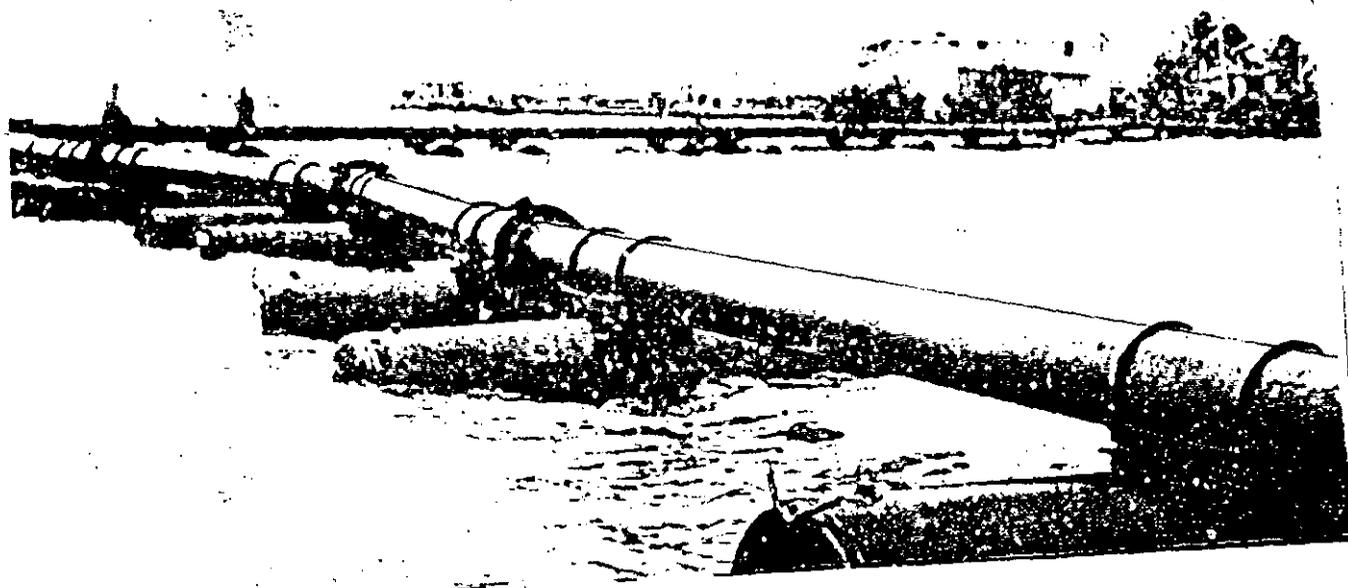


Fig. 25 . Tubería flotante sobre pontones.

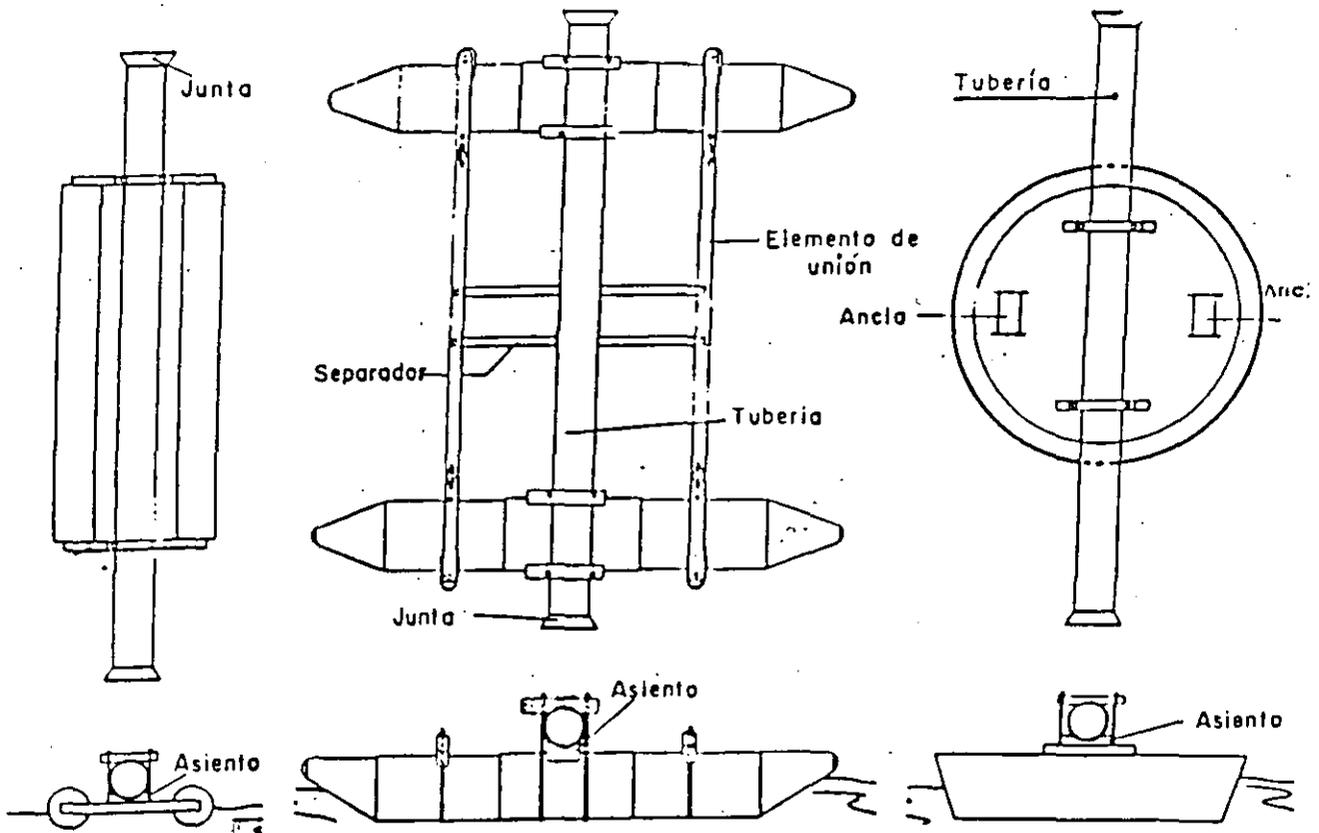


FIG. 26 . P O N T O N E S

TABLA 9

RENDIMIENTO EN EL DRAGADO EN FUNCION DE LA VELOCIDAD DE LA DESCARGA Y EL DIAMETRO DE LA TUBERIA

| VELOCIDAD DESCARGA m./seg. | FLUIDO EN LA DESCARGA EN m ³ . / hr. (DIAMETRO EN PULGADAS) | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 | 27 | 30 |
| 3.0 | 210 | 370 | 580 | 830 | 1 010 | 1 340 | 1 700 | 2 120 | 3 070 | 3 910 | 4 800 |
| 3.3 | 220 | 400 | 640 | 920 | 1 120 | 1 470 | 1 870 | 2 320 | 3 380 | 4 300 | 5 280 |
| 3.7 | 240 | 440 | 700 | 1 000 | 1 220 | 1 610 | 2 040 | 2 540 | 3 690 | 4 690 | 5 760 |
| 4.0 | 270 | 470 | 760 | 1 090 | 1 310 | 1 740 | 2 220 | 2 750 | 3 990 | 5 080 | 6 240 |
| 4.3 | 290 | 510 | 820 | 1 170 | 1 420 | 1 870 | 2 390 | 2 960 | 4 300 | 5 470 | 6 720 |
| 4.6 | 300 | 550 | 880 | 1 250 | 1 520 | 2 000 | 2 550 | 3 170 | 4 600 | 5 860 | 7 200 |
| 4.9 | 330 | 590 | 930 | 1 340 | 1 620 | 2 140 | 2 720 | 3 380 | 4 920 | 6 260 | 7 680 |
| 5.2 | 350 | 630 | 990 | 1 420 | 1 720 | 2 270 | 2 900 | 3 590 | 5 220 | 6 640 | 8 160 |
| 5.5 | 370 | 660 | 1 050 | 1 500 | 1 830 | 2 400 | 3 070 | 3 810 | 5 530 | 7 030 | 8 640 |
| 5.8 | 390 | 700 | 1 110 | 1 580 | 1 930 | 2 540 | 3 230 | 4 020 | 5 840 | 7 420 | 9 120 |
| 6.1 | 410 | 730 | 1 170 | 1 670 | 2 030 | 2 670 | 3 400 | 4 230 | 6 140 | 7 810 | 9 600 |
| 6.4 | 430 | 770 | 1 220 | 1 750 | 2 130 | 2 810 | 3 580 | 4 440 | 6 450 | 8 200 | 10 080 |
| 6.7 | 450 | 810 | 1 280 | 1 840 | 2 230 | 2 940 | 3 750 | 4 650 | 6 760 | 8 600 | 10 560 |
| 7.0 | 470 | 840 | 1 350 | 1 920 | 2 330 | 3 070 | 3 920 | 4 860 | 7 070 | 8 990 | 11 040 |
| 7.3 | 490 | 880 | 1 400 | 2 000 | 2 430 | 3 200 | 4 090 | 5 080 | 7 370 | 9 380 | 11 520 |
| 7.6 | 510 | 920 | 1 460 | 2 090 | 2 530 | 3 340 | 4 260 | 5 290 | 7 680 | 9 770 | 12 000 |

NOTAS : Para obtener los m³./hr. de material sólido multiplique los valores de la tabla por el % de concentración. de sólidos.

En tubería de 6 a 12 pulgadas de diámetro, el espesor de la pared es el nominal de mercado y para diámetros de 14 a 30 pulgadas, el espesor de la pared del tubo es de $\frac{1}{8}$ de pulgada, como mínimo.

9.- INSTRUMENTACION DE AYUDA A BORDO

Vamos a ver una breve descripción del tablero de mando de una draga, con los principales indicadores y palancas que se tienen para facilitar operaciones.

Palancas de winches y zancos.- Las posiciones centrales de las palancas son las posiciones neutrales. Cuando las palancas de los zancos son colocadas en la posición "caer", estos caen libre y rápidamente.

Borneo.- Una vez que el cortador está bajado hasta el fondo, se debe borrar la draga hacia habor mediante el cable del winche correspondiente, aflojándose un tanto, mediante el freno, el cable del winche de estribor.

Nunca debe iniciarse el borneo mientras los dos zancos estén bajados en el fondo.

Motores Diesel.- El tacómetro indica el número de revoluciones por minuto; generalmente la velocidad será más o menos constante durante el trabajo, para lograr la máxima eficiencia.

Vacuómetro de la bomba de dragado.- Se debe tratar de alcanzar y mantener el máximo vacío, en función de la altura de la succión empleada. La velocidad de la mezcla y por tanto el vacío de la bomba, para altura mayores de succión, serán inferiores a las correspondientes a una tubería más corta, en situaciones normales.

El manómetro indica la presión existente en el tubo de descarga. El manómetro de la bomba de prensa-estopas y de la bomba de la tapa de aspiración, indica la presión del agua suministrada a la prensa-estopas de la bomba de dragado. La presión debe ser del 65 al 80 % a la presión de la bomba de dragado.

Accionamiento del cortador.- El manómetro indica la presión del aceite hidráulico y, por ello; la carga del cortador.

Manómetro de la bomba de dragado.- Indica la presión en la tubería de descarga. Al comienzo del dragado la presión se eleva al aumentar el porcentaje de material que contiene la mezcla transportada. Es difícil mencionar un valor máximo admisible, porque difieren las posibilidades de un lugar a otro, y varían para las diferentes distancias de depósitos. La experiencia enseñará al dragador, cómo conseguir el resultado óptimo (Fig. 27).

Existen otras ayudas para el dragador, como es el giro compás que nos dará los grados de borneo, los manómetros de presión para los winches de los traveses para abanicar o borrar, mandos electrónicos de botón para activar o desactivar el embrague de la bomba dragadora, indicador de la profundidad de la rastra o succión, ya sea por medio de una regla o escala vertical o por medio de un sistema electrónico con representación gráfica en una pantalla, la cual permite efectuar correcciones por marea. Indicador en pantalla e impresora del registro del desplazamiento de la draga contra el tiempo, mediante una línea continua que nos indicará cuando la tolva ya no retiene más carga, así como la duración del ciclo.

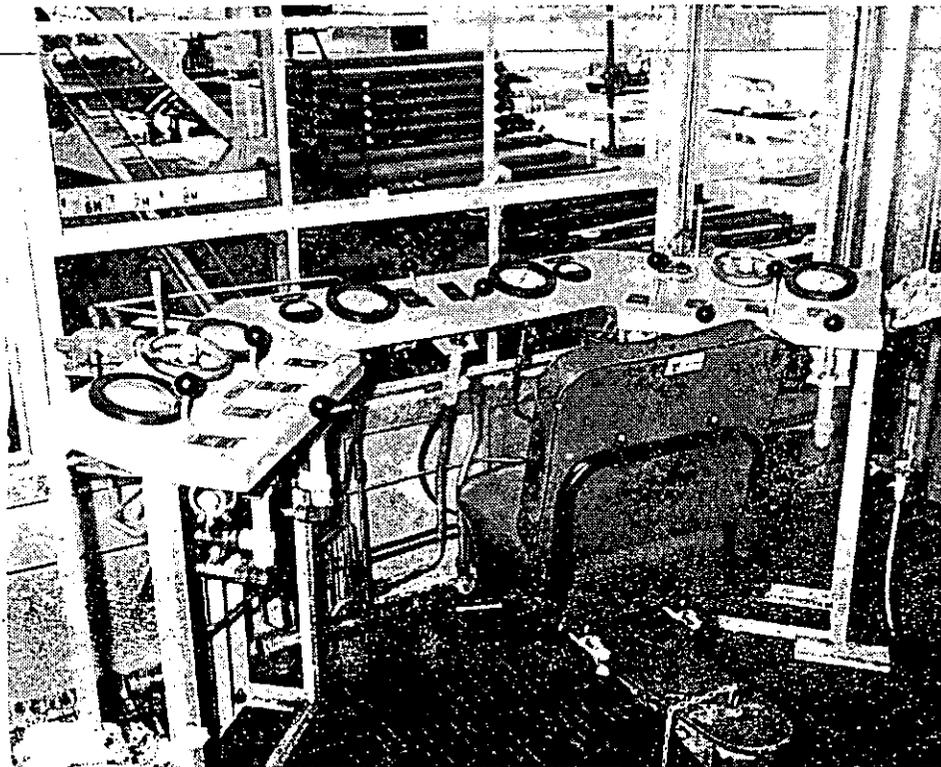


Fig. 27 Caseta de control de una draga estacionaria

10.- OPERACION DEL DRAGADO

Al observar los resultados de cálculo, entre el material en tolva y el medido en sitio a base de levantamientos batimétricos, en teoría deberían ser iguales, pero en la práctica acusan una gran diferencia, aún en lugares donde no existen azolves frecuentes.

Por lo anterior, para obtener los óptimos resultados debemos capacitar al personal que realiza la medición en tolva, para que esta sea lo más apegada a la realidad.

Método para medir la carga en la tolva: La cantidad de sólidos que se asientan en la tolva, se puede medir sondeando después suspender el bombeo. Para este propósito se emplea un disco en forma de cazuela sujeto a una sondaleza. El disco generalmente usado es de 15 cm. con un peso de 510 grs. aproximadamente, y se supone que podrá reposar en el nivel superior de los sólidos asentados.

De 8 a 12 sondeos deberán ser efectuados en cada tolva, obteniendo un promedio de lecturas y en consecuencia el volumen de sólidos asentados, valor que se obtendrá al entrar con la lectura promedio en la gráfica de la tolva, que el fabricante elabora para cada draga.

Simultáneamente con las sondas de la mezcla, se toman muestras arriba del plano de los sólidos asentados. Para este propósito se ha diseñado un aparato muy sencillo que consiste en un recipiente cilíndrico que va asegurado a una regla graduada. Se baja hasta tocar el material asentado, y mediante la varilla que va unida a la tapa, se quita ésta, llenándose el recipiente con el material obtenido a esa profundidad, y tapándolo de nuevo para que no sufra alteración alguna.

Se deberán obtener muestras en tolva a diferentes alturas, llevándose el registro de las mismas.

Todas las muestras así tomadas, se mezclan para obtener el promedio, lo cual nos dará el porcentaje de sólidos en suspensión contenidos en la carga.

La cantidad de sólidos en suspensión en cada carga, es calculada multiplicando el volumen total de la tolva, menos la porción asentada, por el promedio del porcentaje del material en suspensión.

El total de metros cúbicos de material en cada carga, es la suma de sólidos asentados más los que se encuentran en suspensión.

En las dragas autopropulsadas más modernas, existen algunos otros métodos para cuantificar el volumen de material depositado en la tolva, como es el indicador electrónico del peso en toneladas que registra la tolva, para lo cual primeramente al terminar de dragar, se espera a que se asiente la mayor parte del material en la tolva mientras navega a la descarga, para posteriormente expulsar por medio de bombeo el agua que se encuentra en la parte superior del material. Con el peso que registre en ese momento y el conocimiento previo de la densidad del material que se está dragando podremos conocer el volumen depositado en la tolva. Este procedimiento es aproximado.

Existe otro indicador que nos registra en pantalla e imprime posteriormente una gráfica de desplazamiento de la unidad en miles de toneladas, contra el tiempo; la cual es una línea continua que nos permitirá ver el inicio del llenado y el tiempo que tarda, y cuando la gráfica prácticamente se vuelve horizontal es que la tolva ya no recibe carga, o sea el material que está entrando es el mismo que sale por los vertederos laterales, lo que indica la necesidad de suspender el bombeo e ir a tirar el material, siendo esta la carga económica de la tolva (fig. 28).

Para fines de programación y control de las obras de dragado es determinante conocer los parámetros de operación de las dragas.

A continuación como un ejemplo práctico de lo expresado anteriormente, se reflejan los resultados obtenidos del muestreo en tolva y ciclo de operación de una draga autopropulsada, que no cuenta con aparatos de medición directa. Estos se derivan de la compilación de una serie de datos de campo que bajo un sistema establecido, son ordenados y analizados en gabinete.

GRAFICA DE LA OPERACION CONTINUA DE UNA DRAGA AUTOPROPULSADA

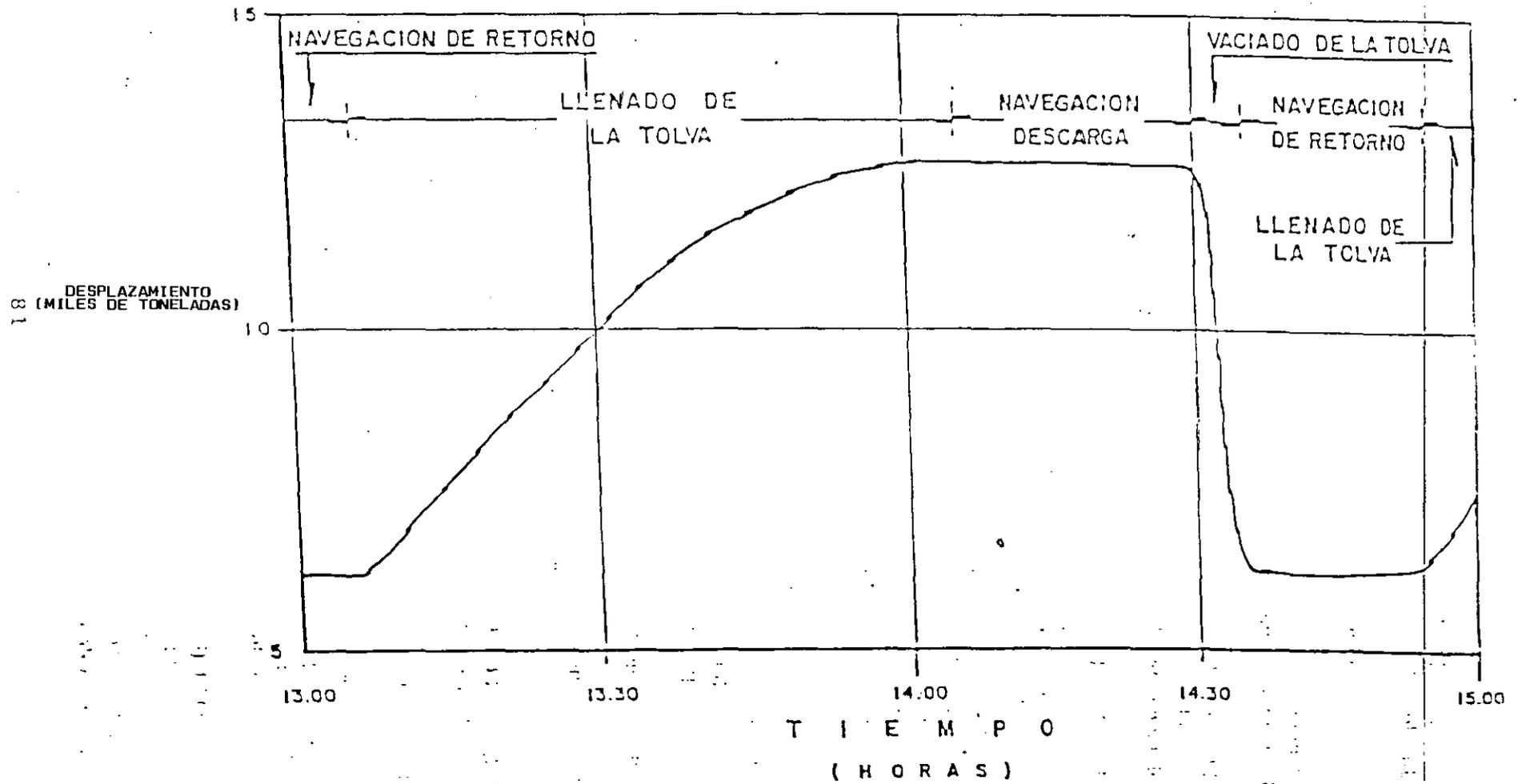


Fig. 28

El sistema aplicado al muestreo en tolva, requiere de pruebas primarias de laboratorio, y los datos del ciclo de operación se obtienen mediante mediciones de tiempos en campo.

Lo anterior permite conocer el peso específico del material extraído, depositado en tolva, y el comportamiento de la carga de sólidos durante el ciclo de operación. Dicho comportamiento es obtenido por incremento de calados, (midiendo con una regla graduada a partir de la cubierta, al espejo del agua), ya que esta draga no cuenta con aparatos de medición directa.

Al término del tiempo efectivo de dragado se efectúa el aforo directo en tolva, con el objeto de medir el volumen de sólidos decantados, mismo que posteriormente será comparado con el volumen obtenido por métodos analíticos.

DESCRIPCION DE MUESTREO EN TOLVA Y MEDICION DE CALADOS

Las muestras que serán analizadas en el laboratorio se obtienen directamente de la tolva de la draga. La toma de la muestra se efectúa mediante un recipiente metálico de 20 litros de capacidad, sujeto a una cuerda de polipropileno que resista el tirante de tensión, posteriormente se vierte la cantidad requerida en recipientes de un litro. El muestreo se hace de forma continua hasta suspender el dragado.

Las muestras tomadas deben contener: Agua de la zona de dragado, mezcla o suspensión arriba de los sólidos decantados en tolva y material decantado.

Las pruebas de laboratorio aplicadas al muestreo son:

- a) Peso específico del material saturado (material decantado)
- b) Porcentaje de sólidos en suspensión arriba del plano decantado
- c) Peso específico del agua de la zona del dragado

Simultáneamente al muestreo se realiza la medición de calados, por ambas bandas de la draga.

El incremento de calados se obtiene por sustracción de las lecturas anteriores, del puntal de la draga.

ANALISIS DE LABORATORIO DEL MUESTREO EFECTUADO A BORDO DE LA DRAGA OPERANDO EN LA DARSENA DE CIABOGA EN TUXPAN, VER.

a) PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL SATURADO $\delta_s = \frac{W_{vs} - W_v}{V_s}$

- δ_s = peso específico del material saturado
- W_{vs} = peso del vaso lleno del material saturado
- W_v = peso del vaso vacío
- V_s = volumen que ocupa el material saturado

PESOS DE LOS RECIPIENTES VACIOS

- W_1 = 145.7 grs.
- W_2 = 142.55 grs.
- W_3 = 150.85 grs.
- Volumen de los recipientes = 300 cm³

$$\begin{aligned} \delta'_{s1} &= \frac{586.1 - 145.7 \text{ grs.}}{300 \text{ cm}^3} = 1.47 \text{ gr/cm}^3 = 1.47 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s2} &= \frac{601.7 - 142.55 \text{ grs.}}{300 \text{ cm}^3} = 1.53 \text{ gr/cm}^3 = 1.53 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s3} &= \frac{605.3 - 150.85 \text{ grs.}}{300 \text{ cm}^3} = 1.51 \text{ gr/cm}^3 = 1.51 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s4} &= \frac{561.3 - 145.7 \text{ grs.}}{275 \text{ cm}^3} = 1.51 \text{ gr/cm}^3 = 1.51 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s5} &= \frac{607.00 - 150.85 \text{ grs.}}{300 \text{ cm}^3} = 1.52 \text{ gr/cm}^3 = 1.52 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s6} &= \frac{603.4 - 142.55 \text{ grs.}}{255 \text{ cm}^3} = 1.81 \text{ gr/cm}^3 = 1.81 \text{ ton/m}^3 \text{ (arena)} \\ \delta'_{s7} &= \frac{531.6 - 145.7 \text{ grs.}}{275 \text{ cm}^3} = 1.79 \text{ gr/cm}^3 = 1.79 \text{ ton/m}^3 \text{ (arena)} \\ \delta'_{s8} &= \frac{368.3 - 142.55 \text{ grs.}}{125 \text{ cm}^3} = 1.81 \text{ gr/cm}^3 = 1.81 \text{ ton/m}^3 \text{ (arena)} \\ \delta'_{s9} &= \frac{582.5 - 150.85 \text{ grs.}}{250 \text{ cm}^3} = 1.73 \text{ gr/cm}^3 = 1.73 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s10} &= \frac{577.45 - 145.7 \text{ grs.}}{250 \text{ cm}^3} = 1.73 \text{ gr/cm}^3 = 1.73 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s11} &= \frac{578.75 - 142.55 \text{ grs.}}{250 \text{ cm}^3} = 1.74 \text{ gr/cm}^3 = 1.74 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s12} &= \frac{594.2 - 150.85 \text{ grs.}}{275 \text{ cm}^3} = 1.61 \text{ gr/cm}^3 = 1.61 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \\ \delta'_{s13} &= \frac{577.25 - 145.7 \text{ grs.}}{275 \text{ cm}^3} = 1.57 \text{ gr/cm}^3 = 1.57 \text{ ton/m}^3 \text{ (lodo)} \end{aligned}$$

PESO ESPECIFICO PARA CADA TIPO DE MATERIAL

$$\delta'_s = \frac{1}{3} (1.81 + 1.79 + 1.81) = 1.80 \text{ ton/m}^3 \text{ (promedio en arena)}$$

$$\delta'_s = \frac{1}{10} (1.47 + 1.53 + 1.51 + 1.51 + 1.52 + 1.73 + 1.73 + 1.74 + 1.61 + 1.57) = 1.59 \text{ ton/m}^3 \text{ (promedio en lodo)}$$

$$\delta'_s = \frac{1}{2} (1.8 + 1.59) = \underline{\underline{1.70 \text{ ton/m}^3}} \text{ (promedio de la mezcla)}$$

b) PORCENTAJE DE SOLIDOS EN SUSPENSION ($\%ss = \frac{Wm - Ww}{Ws - Ww} \times 100\%$)

Wm = Peso de la mezcla arriba del material decantado
 Ww = Peso del agua de la zona de dragado
 Ws = Peso del material decantado en promedio

NOTA: Se incluye el peso del vaso en las siguientes operaciones

$$\% \text{ ssl} = \frac{454.6 - 436.3}{655.55 - 436.3} \times 100\% = \frac{18.3}{219.25} \times 100\% = 8.34 \%$$

$$\% \text{ ss5} = \frac{459 - 436.3}{655.55 - 436.3} \times 100\% = \frac{22.7}{219.25} \times 100\% = 10.35\%$$

$$\% \text{ ss} = \frac{1}{5} (8.34 + 11.34 + 9.57 + 6.30 + 10.35) = 9.18\% \text{ (Promedio)}$$

=====

c) PESO ESPECIFICO DEL AGUA DE LA ZONA DE DRAGADO $\delta'_w = \frac{Wvw - Wv}{Vw}$

δ'_w = Peso específico del agua
 Wvw = Peso del vaso lleno de agua
 Wv = Peso del vaso vacío
 Vw = Volumen que ocupa el agua

$$\delta'_{w1} = \frac{436.3 - 142.55 \text{ grs.}}{300 \text{ cm}^3} = 0.98 \text{ gr/cm}^3 = 0.98 \text{ ton/m}^3$$

$$\delta'_{w2} = \frac{442.25 - 145.70 \text{ grs.}}{300 \text{ cm}^3} = 0.99 \text{ gr/cm}^3 = 0.99 \text{ ton/m}^3$$

$$\delta'_{w3} = \frac{443.5 - 150.85 \text{ grs.}}{300 \text{ cm}^3} = 0.98 \text{ gr/cm}^3 = 0.98 \text{ ton/m}^3$$

$$\delta'_w = \frac{1}{3} (w1 + w2 + w3) = \frac{1}{3} (0.98 + 0.99 + 0.98) = \underline{\underline{0.98 \text{ ton/m}^3}}$$

(promedio)

OBTENCION DEL VOLUMEN DE MATERIAL EN TOLVA

Para medir el volumen de material en tolva a través del sistema de franco bordo en las dragas autopropulsadas que no cuentan con sistema de medición electrónico, se procede de la siguiente manera:

- 1.- Se llena la tolva con agua y se mide ambos franco bordo obteniendo así una altura promedio, por ejemplo: 1.58 m. que sustraídos a los 5.8 m. que es el puntal de la draga (pd), dará como resultado 4.22 m., lo cual sirve para entrar en la tabla No. 10, donde obtenemos el peso de la draga llena de agua $W_{dw} = 3\ 507$ ton.
- 2.- Una vez obtenido el peso anterior se saca el agua de la tolva hasta quedar con agua residual.
- 3.- Al concluir el proceso del punto 2 se cierran las compuertas y se inicia el llenado de la tolva con mezcla.
- 4.- Al iniciarse el llenado de la tolva habrá personal tomando sus lecturas en ambas bandas, así como el muestreo en la tolva para obtener todos los datos necesarios que nos permitan determinar el comportamiento de la carga de sólidos en tolva.
- 5.- Al suspender el dragado se toma la última lectura de franco bordo, obteniendo un promedio de 1.11 m., que restado al puntal $pd = 5.80$ m., nos da un calado de 4.69 m., con esto entramos en la tabla No. 10 y nos da 3 947 ton. de peso.
- 6.- Finalmente, con los datos obtenidos mediante este proceso y los resultados de laboratorio, se aplica el principio de Arquímedes llegando a la siguiente conclusión:

$$V_s = \frac{W_{dm} - W_{dw}}{\delta_s - \delta_w}$$

Donde:

- V_s = volumen de sólidos en tolva (decantados y en suspensión)
- W_{dm} = peso de la draga con mezcla
- W_{dw} = peso de la draga llena de agua
- δ_s = peso específico de sólido
- δ_w = peso específico del agua

EJEMPLO:

$$V_s = \frac{3\ 947 - 3\ 507}{1.70 - 0.98} = 611\ m^3$$

OBTENCION DE LA TOLVA ECONOMICA

Aplicando este mismo sistema, se elaboran las tablas que se muestran a continuación, donde se obtiene el volumen de sólidos en tolva para diferentes tiempos, hasta determinar la carga óptima, o tolva económica, que como ya se dijo anteriormente, se presenta cuando el material que entra es el mismo que sale por los vertederos laterales, lo cual se puede apreciar en la gráfica, cuando la curva de llenado tiende a hacerse horizontal (fig. 29).

TABULADOR DE LA CARGA DE SOLIDOS EN TOLVA POR INCREMENTO DE CALADO

$\gamma_s = 1.70 \text{ TON./m}^3.$

$P_d = 5.80$

$\gamma_w = 0.98 \text{ TON./m}^3.$

$W_{dw} = 3,507 \text{ TONELADAS.}$

| TIEMPO (MINUTOS) | FRANCO BORDO ESTRIBOR Fe. (m.) | FRANCO BORDO BABOR Fb. (m.) | FRANCO BORDO MEDIO $F_m = \frac{1}{2} (F_e + F_b)$ | CALADO $P_d - F_m$ | W_{dm} | $W_{dm} - W_{dw}$ | $V_s = \frac{W_{dm} - W_{dw}}{\gamma_s - \gamma_w}$ |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|--------------------|----------|-------------------|---|
| 0 | 2.40 | 2.40 | 2.40 | 3.40 | 2755 | - 752 | |
| 1 | 2.35 | 2.38 | 2.36 | 3.44 | 2791 | - 716 | |
| 2 | 2.19 | 2.25 | 2.22 | 3.58 | 2917 | - 590 | |
| 3 | 2.09 | 2.08 | 2.08 | 3.72 | 3046 | - 461 | |
| 4 | 1.99 | 2.05 | 2.02 | 3.78 | 3100 | - 407 | |
| 5 | 1.89 | 1.95 | 1.92 | 3.88 | 3196 | - 311 | |
| 6 | 1.60 | 1.55 | 1.57 | 4.23 | 3517 | 10 | 13 |
| 7 | 1.41 | 1.55 | 1.48 | 4.32 | 3598 | 91 | 126 |
| 8 | 1.39 | 1.55 | 1.47 | 4.33 | 3607 | 100 | 133 |
| 9 | 1.35 | 1.55 | 1.44 | 4.36 | 3635 | 128 | 177 |
| 10 | 1.35 | 1.55 | 1.45 | 4.35 | 3625 | 118 | 165 |
| 11 | 1.34 | 1.55 | 1.43 | 4.37 | 3644 | 137 | 190 |
| 12 | 1.34 | 1.55 | 1.43 | 4.37 | 3644 | 137 | 190 |
| 13 | 1.35 | 1.55 | 1.43 | 4.37 | 3644 | 137 | 190 |
| 14 | 1.35 | 1.55 | 1.43 | 4.37 | 3644 | 137 | 190 |
| 15 | 1.30 | 1.50 | 1.40 | 4.40 | 3673 | 166 | 230 |
| 16 | 1.30 | 1.50 | 1.40 | 4.40 | 3673 | 166 | 230 |
| 17 | 1.29 | 1.50 | 1.39 | 4.41 | 3682 | 175 | 243 |
| 18 | 1.29 | 1.49 | 1.39 | 4.41 | 3682 | 175 | 243 |
| 19 | 1.27 | 1.47 | 1.37 | 4.43 | 3701 | 194 | 269 |
| 20 | 1.27 | 1.45 | 1.36 | 4.44 | 3710 | 203 | 281 |
| 21 | 1.29 | 1.45 | 1.37 | 4.43 | 3701 | 194 | 243 |
| 22 | 1.29 | 1.45 | 1.37 | 4.43 | 3701 | 194 | 243 |
| 23 | 1.27 | 1.45 | 1.36 | 4.44 | 3710 | 203 | 281 |
| 24 | 1.27 | 1.45 | 1.36 | 4.44 | 3710 | 203 | 281 |

TABULADOR DE LA CARGA DE SOLIDOS EN TOLVA POR INCREMENTO DE CALADO

$\gamma_s = 1.70 \text{ TON./m}^3.$

$Pd = 5.80$

$\gamma_w = 0.98 \text{ TON./m}^3.$

$Wdw = 3,507 \text{ TONELADAS.}$

| TIEMPO (MINUTOS) | FRANCO BORDO ESTRIBOR Fe. (m.) | FRANCO BORDO BABOR Fb. (m.) | FRANCO BORDO MEDIO $Fm = \frac{1}{2} (Fe + Fb)$ | CALADO Pd - Fm | Wdm | Wdm - Wdw | $Vs = \frac{Wdm - Wdw}{\gamma_s - \gamma_w}$ |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------|---|----------------|------|-----------|--|
| 25 | 1.26 | 1.40 | 1.33 | 4.47 | 3738 | 231 | 320 |
| 26 | 1.26 | 1.39 | 1.32 | 4.48 | 3747 | 240 | 333 |
| 27 | 1.29 | 1.39 | 1.34 | 4.46 | 3729 | 222 | 303 |
| 28 | 1.27 | 1.39 | 1.33 | 4.47 | 3738 | 231 | 320 |
| 29 | 1.24 | 1.39 | 1.31 | 4.49 | 3756 | 249 | 345 |
| 30 | 1.25 | 1.37 | 1.31 | 4.49 | 3756 | 249 | 345 |
| 31 | 1.25 | 1.35 | 1.30 | 4.50 | 3765 | 258 | 358 |
| 32 | 1.22 | 1.35 | 1.28 | 4.52 | 3783 | 277 | 383 |
| 33 | 1.26 | 1.35 | 1.30 | 4.50 | 3765 | 258 | 358 |
| 34 | 1.24 | 1.35 | 1.29 | 4.51 | 3774 | 267 | 370 |
| 35 | 1.26 | 1.35 | 1.30 | 4.50 | 3765 | 258 | 358 |
| 36 | 1.26 | 1.35 | 1.30 | 4.50 | 3765 | 258 | 358 |
| 37 | 1.30 | 1.35 | 1.32 | 4.48 | 3747 | 240 | 333 |
| | | | | | | | |
| 42 | 1.30 | 1.40 | 1.35 | 4.45 | 3720 | 213 | 295 |
| 43 | 1.21 | 1.35 | 1.28 | 4.52 | 3783 | 276 | 383 |
| 44 | 1.23 | 1.35 | 1.29 | 4.51 | 3774 | 267 | 370 |
| 45 | 1.21 | 1.33 | 1.27 | 4.53 | 3793 | 286 | 397 |
| 46 | 1.21 | 1.33 | 1.27 | 4.53 | 3793 | 286 | 397 |
| 47 | 1.26 | 1.35 | 1.29 | 4.51 | 3774 | 267 | 370 |
| 48 | 1.25 | 1.33 | 1.28 | 4.52 | 3783 | 276 | 383 |
| 49 | 1.24 | 1.33 | 1.28 | 4.52 | 3783 | 276 | 383 |
| 50 | 1.24 | 1.33 | 1.28 | 4.52 | 3783 | 276 | 383 |
| 51 | 1.25 | 1.30 | 1.27 | 4.53 | 3783 | 276 | 383 |
| 52 | 1.20 | 1.30 | 1.25 | 4.55 | 3812 | 305 | 423 |

TABULADOR DE LA CARGA DE SOLIDOS EN TOLVA POR INCREMENTO DE CALADO

$\gamma_s = 1.70 \text{ TON./m}^3.$

$P_d = 5.80$

$\gamma_w = 0.98 \text{ TON./m}^3.$

$W_{dw} = 3,507 \text{ TONELADAS.}$

| TIEMPO (MINUTOS) | FRANCO BORDO ESTRIBOR Fe. (m.) | FRANCO BORDO BABOR Fb. (m.) | FRANCO BORDO MEDIO $F_m = \frac{1}{2} (F_e + F_b)$ | CALADO $P_d - F_m$ | W_{dm} | $W_{dm} - W_{dw}$ | $V_s = \frac{W_{dm} - W_{dw}}{\gamma_s - \gamma_w}$ |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|--------------------|----------|-------------------|---|
| 53 | 1.20 | 1.30 | 1.25 | 4.55 | 3812 | 305 | 423 |
| 54 | 1.20 | 1.30 | 1.25 | 4.55 | 3812 | 305 | 423 |
| 55 | 1.19 | 1.30 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 56 | 1.20 | 1.30 | 1.25 | 4.55 | 3812 | 305 | 423 |
| 57 | 1.20 | 1.30 | 1.25 | 4.55 | 3812 | 305 | 423 |
| 58 | 1.20 | 1.30 | 1.25 | 4.55 | 3812 | 305 | 423 |
| 59 | 1.18 | 1.30 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 60 | 1.19 | 1.30 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 61 | 1.19 | 1.30 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 62 | 1.19 | 1.29 | 1.23 | 4.57 | 3831 | 324 | 450 |
| 63 | 1.18 | 1.27 | 1.22 | 4.58 | 3840 | 333 | 462 |
| 64 | 1.18 | 1.27 | 1.22 | 4.58 | 3840 | 333 | 462 |
| 65 | 1.18 | 1.27 | 1.22 | 4.58 | 3840 | 333 | 462 |
| 66 | 1.18 | 1.27 | 1.22 | 4.58 | 3840 | 333 | 462 |
| 67 | 1.20 | 1.28 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 68 | 1.20 | 1.28 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 69 | 1.19 | 1.29 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 70 | 1.20 | 1.28 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 71 | 1.21 | 1.29 | 1.25 | 4.55 | 3812 | 305 | 423 |
| 72 | 1.20 | 1.29 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 73 | 1.19 | 1.28 | 1.23 | 4.57 | 3831 | 324 | 450 |
| 74 | 1.20 | 1.29 | 1.24 | 4.56 | 3821 | 314 | 436 |
| 75 | 1.18 | 1.27 | 1.22 | 4.58 | 3840 | 333 | 462 |
| 76 | 1.17 | 1.25 | 1.21 | 4.59 | 3850 | 343 | 476 |
| 77 | 1.18 | 1.27 | 1.22 | 4.58 | 3840 | 333 | 462 |

88

DRAGA: 1,100/1400 m³

DIAGRAMA DEL CICLO DE OPERACION

LUGAR:

TUXPAN, VERACRUZ

DARSENA DE CIABOGA SECCION (5-600/4-500)

06

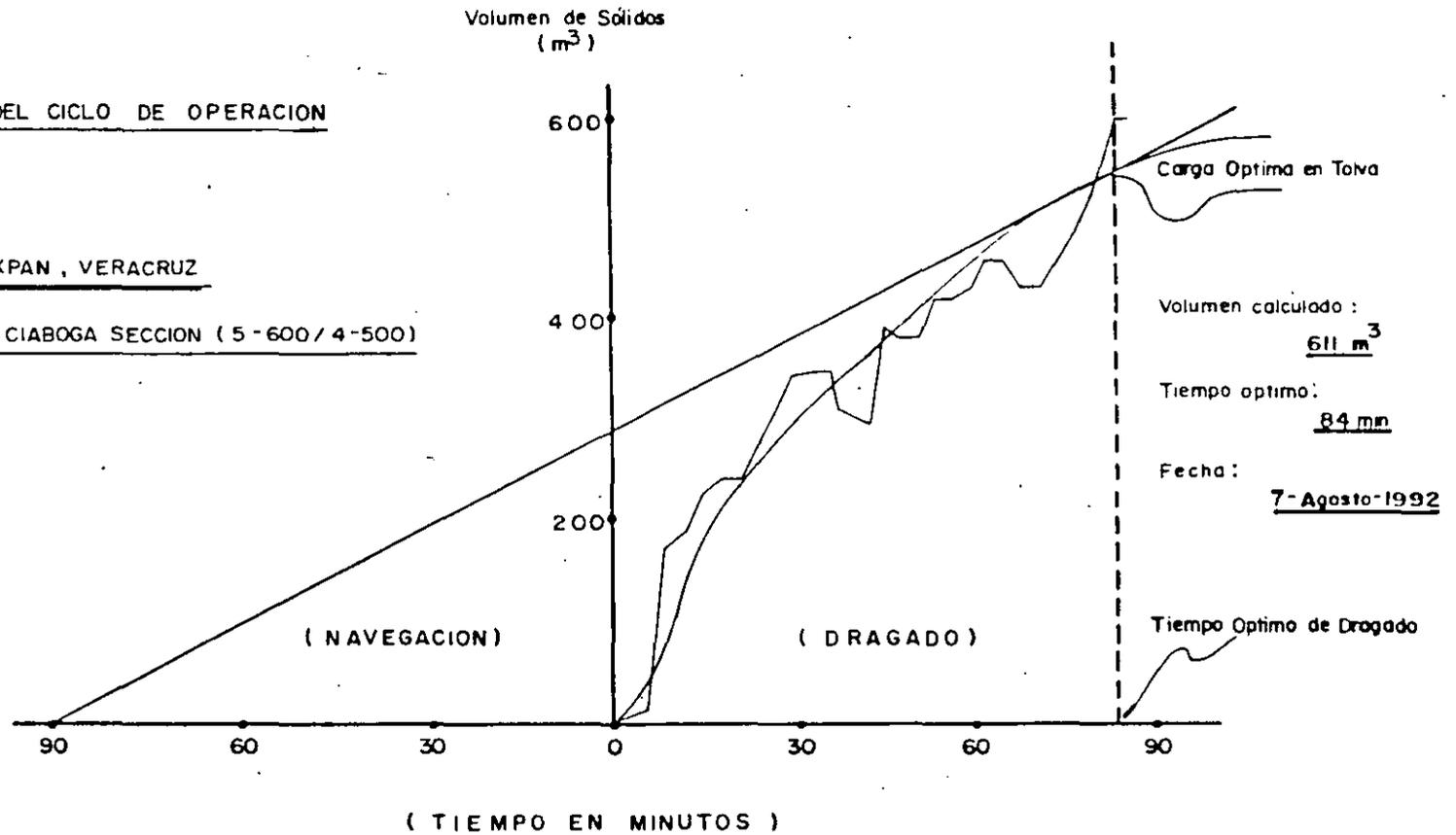


FIG. 29 GRAFICA DE LA TOLVA ECONOMICA

T A B L A No 10

Poso de una draga de 1,100 / 1,400 m³ de capacidad en tolva, en función del calado

| CALADO | PESO (TONS.) |
|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|
| 3.30 | 2 665 | 3.71 | 3 037.00 | 4.12 | 3 413.00 | 4.53 | 3 793.20 |
| 3.31 | 2 679 | 3.72 | 3 046.00 | 4.13 | 3 422.00 | 4.54 | 3 802.60 |
| 3.32 | 2 683 | 3.73 | 3 055.00 | 4.14 | 3 431.00 | 4.55 | 3 812.00 |
| 3.33 | 2 692 | 3.74 | 3 064.00 | 4.15 | 3 440.00 | 4.56 | 3 821.60 |
| 3.34 | 2 701 | 3.75 | 3 073.00 | 4.16 | 3 449.60 | 4.57 | 3 831.20 |
| 3.35 | 2 710 | 3.76 | 3 082.00 | 4.17 | 3 450.20 | 4.58 | 3 840.80 |
| 3.36 | 2 719 | 3.77 | 3 091.00 | 4.18 | 3 468.80 | 4.59 | 3 850.40 |
| 3.37 | 2 720 | 3.78 | 3 100.00 | 4.19 | 3 478.40 | 4.60 | 3 860.00 |
| 3.38 | 2 737 | 3.79 | 3 109.00 | 4.20 | 3 408.00 | 4.61 | 3 869.60 |
| 3.39 | 2 746 | 3.80 | 3 118.00 | 4.21 | 3 497.80 | 4.62 | 3 879.20 |
| 3.40 | 2 755 | 3.81 | 3 127.40 | 4.22 | 3 517.60 | 4.63 | 3 888.80 |
| 3.41 | 2 764 | 3.82 | 3 130.80 | 4.23 | 3 517.40 | 4.64 | 3 898.40 |
| 3.42 | 2 773 | 3.83 | 3 140.20 | 4.24 | 3 527.20 | 4.65 | 3 905.00 |
| 3.43 | 2 782 | 3.84 | 3 155.00 | 4.25 | 3 537.00 | 4.66 | 3 917.80 |
| 3.44 | 2 791 | 3.85 | 3 165.00 | 4.26 | 3 545.60 | 4.67 | 3 927.60 |
| 3.45 | 2 800 | 3.86 | 3 176.00 | 4.27 | 3 554.20 | 4.68 | 3 937.40 |
| 3.46 | 2 809 | 3.87 | 3 187.00 | 4.28 | 3 562.80 | 4.69 | 3 947.20 |
| 3.47 | 2 818 | 3.88 | 3 190.00 | 4.29 | 3 571.40 | 4.70 | 3 957.00 |
| 3.48 | 2 827 | 3.89 | 3 209.00 | 4.30 | 3 580.00 | 4.71 | 3 966.60 |
| 3.49 | 2 836 | 3.90 | 3 220.00 | 4.31 | 3 589.00 | 4.72 | 3 976.20 |
| 3.50 | 2 845 | 3.91 | 3 227.00 | 4.32 | 3 598.00 | 4.73 | 3 985.80 |
| 3.51 | 2 854 | 3.92 | 3 234.00 | 4.33 | 3 607.00 | 4.74 | 3 995.40 |
| 3.52 | 2 863 | 3.93 | 3 241.00 | 4.34 | 3 616.00 | 4.75 | 4 005.00 |
| 3.53 | 2 872 | 3.94 | 3 248.00 | 4.35 | 3 625.00 | 4.76 | 4 014.40 |
| 3.54 | 2 881 | 3.95 | 3 255.00 | 4.36 | 3 634.60 | 4.77 | 4 023.60 |
| 3.55 | 2 890 | 3.96 | 3 265.00 | 4.37 | 3 644.20 | 4.78 | 4 033.20 |
| 3.56 | 2 899 | 3.97 | 3 275.00 | 4.38 | 3 653.80 | 4.79 | 4 042.60 |
| 3.57 | 2 908 | 3.98 | 3 285.00 | 4.39 | 3 663.40 | 4.80 | 4 052.00 |
| 3.58 | 2 917 | 3.99 | 3 295.00 | 4.40 | 3 673.00 | 4.81 | 4 061.60 |
| 3.59 | 2 926 | 4.00 | 3 305.00 | 4.41 | 3 682.40 | 4.82 | 4 071.20 |
| 3.60 | 2 935 | 4.01 | 3 314.00 | 4.42 | 3 691.80 | 4.83 | 4 080.80 |
| 3.61 | 2 944 | 4.02 | 3 323.00 | 4.43 | 3 701.20 | 4.84 | 4 090.40 |
| 3.62 | 2 953 | 4.03 | 3 332.00 | 4.44 | 3 710.60 | 4.85 | 4 100.00 |
| 3.63 | 2 962 | 4.04 | 3 341.00 | 4.45 | 3 720.00 | | |
| 3.64 | 2 971 | 4.05 | 3 350.00 | 4.46 | 3 729.00 | | |
| 3.65 | 2 980 | 4.06 | 3 359.00 | 4.47 | 3 738.00 | | |
| 3.66 | 2 989.60 | 4.07 | 3 368.00 | 4.48 | 3 747.00 | | |
| 3.67 | 2 999.20 | 4.08 | 3 377.00 | 4.49 | 3 756.00 | | |
| 3.68 | 3 008.80 | 4.09 | 3 386.00 | 4.50 | 3 765.00 | | |
| 3.69 | 3 018.40 | 4.10 | 3 395.00 | 4.51 | 3 774.40 | | |
| 3.70 | 3 028.00 | 4.11 | 3 404.00 | 4.52 | 3 783.60 | | |

MEDICION DIRECTA DE VOLUMEN EN TOLVA

Para la cuantificación directa del volumen de sólidos en tolva, se realizaron un total de doce aforos con sondaleza, seis del lado de estribor y seis en babor, obteniéndose los siguientes resultados:

| ESTRIBOR | BABOR |
|----------|-------|
| 5.00 | 5.00 |
| 5.75 | 5.90 |
| 6.30 | 6.50 |
| 6.00 | 5.60 |
| 6.50 | 6.50 |
| 6.90 | 7.00 |
| 36.45 | 36.50 |

$$\frac{36.45 + 36.5}{12} = 6.08 \text{ Promedio}$$

Haciendo uso de la gráfica de la tolva que elabora el fabricante, encontramos que a este promedio de lecturas corresponde un volumen de 530 m³ de material sólido decantado.

Posteriormente, conociendo la capacidad de tolva (1 400 m³), el volumen de material decantado y el porcentaje de sólidos en suspensión, obtenido previamente en laboratorio, se está en condiciones de calcular el volumen total en tolva mediante las siguientes operaciones:

$$\begin{aligned} 1\ 400\ \text{m}^3 - 530\ \text{m}^3 &= 870\ \text{m}^3 \text{ MEZCLA ARRIBA DEL PLANO DECANTADO} \\ 870\ \text{m}^3 \times 9.18\ \% &= 80\ \text{m}^3 \text{ MATERIAL SOLIDO EN SUSPENSION} \\ 530\ \text{m}^3 + 80\ \text{m}^3 &= 610\ \text{m}^3 \text{ VOLUMEN TOTAL EN TOLVA} \end{aligned}$$

Como se podrá apreciar, el volumen calculado es prácticamente igual al que se obtuvo mediante el sistema de franco bordo, que fue de 611 m³.

Finalmente a bordo de la draga se midió su ciclo de operación, obteniéndose los siguientes tiempos:

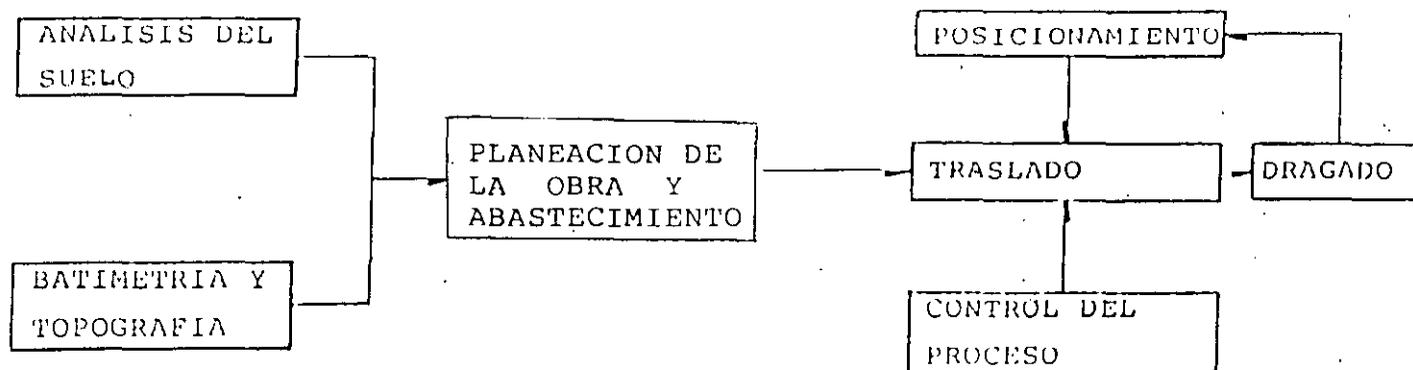
| ACTIVIDAD | TIEMPO (HRS) |
|----------------------------------|--------------------------|
| Dragando | 1:21 |
| Navegación a descarga | 0:45 |
| Navegación de retorno | 0:45 |
| Maniobras dentro de la operación | 0:05 |
| Duración del ciclo : | 2:56 = 2.93 (sist. dec.) |

Con estos datos se calcula el rendimiento horario logrado por la draga.

$$\frac{610 \text{ m}^3}{2.93 \text{ hr.}} = 208 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

ANÁLISIS OPERATIVO DE UNA DRAGA AUTOPROPULSADA

El análisis operativo para una draga de este tipo se puede resumir en el siguiente flujograma que por sí sólo se explica:



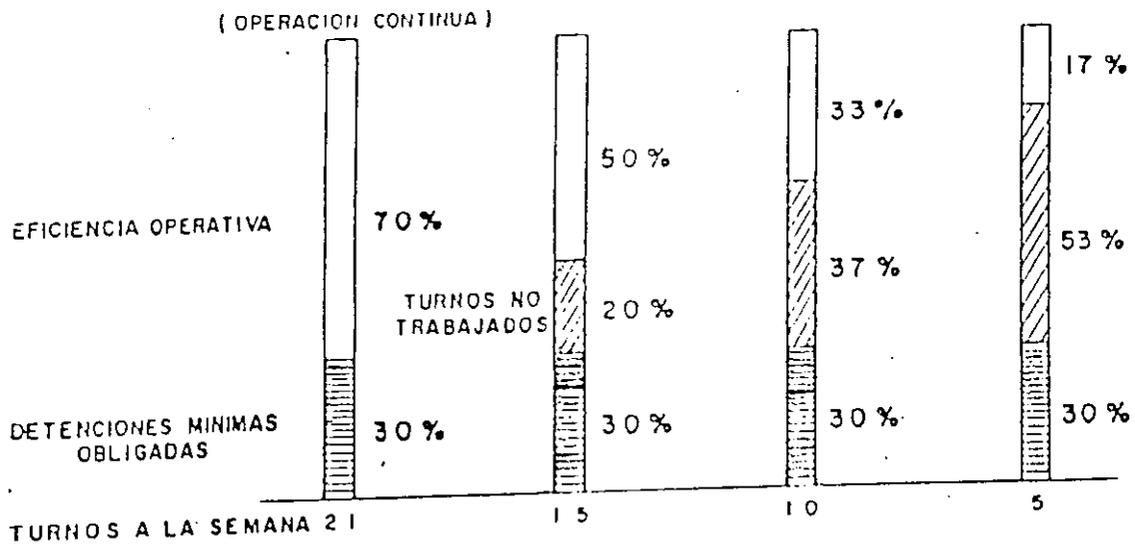
Se conoce como eficiencia operativa, al cociente de dividir el tiempo efectivo de operación entre el tiempo total que dura una obra, expresando el resultado en %.

El tiempo efectivo de una draga autopropulsada, lo integran la suma de horas utilizadas en bombeo, navegación a la descarga, navegación de retorno y maniobras, en cambio para una draga estacionaria será únicamente la suma de horas de bombeo y maniobras.

Los estándares internacionales aceptan como eficiencia operativa un 70% para dragas autopropulsadas y un 60% para dragas estacionarias.

Desde luego los estándares anteriores, son bajo el sistema de operación continua que significa trabajar dos turnos diarios de 12 hrs. cada uno, los siete días de la semana. Al trabajar menos turnos la eficiencia operativa disminuye, como se observa en la gráfica (fig. 30).

**EFICIENCIA OPERATIVA EN FUNCION DEL
NUMERO DE TURNOS TRABAJADOS EN PORCIENTO
OPTIMOS INTERNACIONALES
AUTOPROPULSADAS**



ESTACIONARIAS

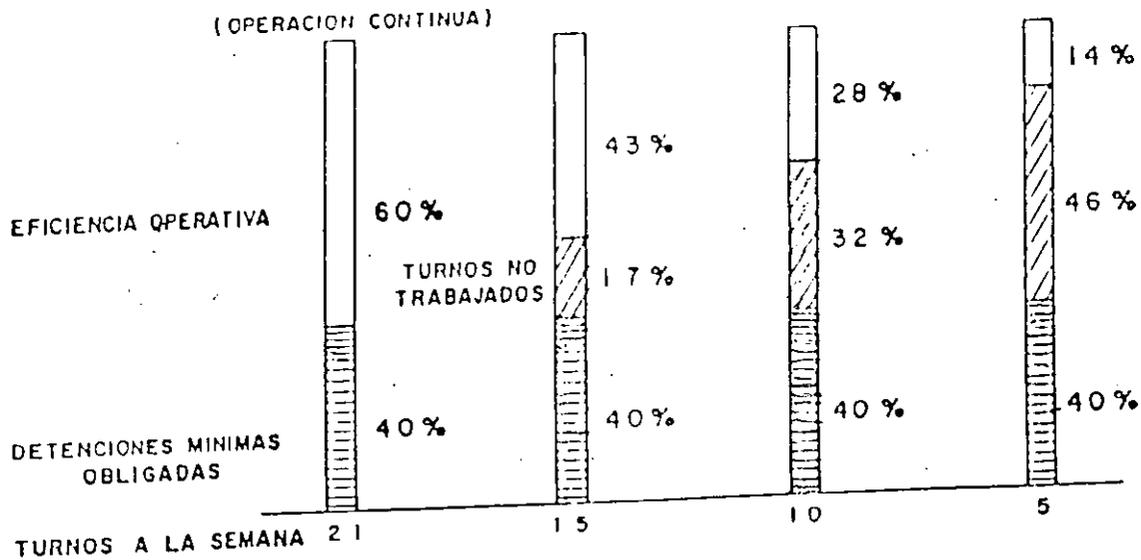


Fig. 30

Es muy difícil por lo expuesto anteriormente, que el fondo y taludes dragados queden exactamente con la geometría que marca el proyecto, por lo que siempre existirán tolerancias en el dragado, tanto vertical como horizontal.

La tolerancia vertical será como máximo de 30 cm. para dragado en ríos y dársenas, y de 50 cm. para dragados en mar abierto.

Por lo que respecta a la tolerancia horizontal, esta será variable y dependerá del ángulo de reposo que adquiera el fondo marino de acuerdo al tipo de material por dragar.

Las tolerancias anteriores, serán aplicadas en la totalidad del área a dragar.

PLAN DE OBRA

Toda obra de dragado debe tener un programa previamente establecido, éste se denomina PLAN DE OBRA.

En este documento, se detalla la obra a realizar suponiendo, de acuerdo al equipo que se usará, el rendimiento del mismo, la forma de atacar la obra, las metas a alcanzar, el equipo auxiliar básico y de descarga, el personal, la memoria de cálculo y el calendario de trabajo.

Lo más importante de este documento, es la retroalimentación que nos permita comparar los parámetros supuestos contra los que se hayan medido durante el desarrollo de la obra para detectar las desviaciones que se presenten y reprogramar el plan de operaciones original de acuerdo a los parámetros reales.

Existen dos formatos diferentes para calcular la producción por turno, uno para dragas estacionarias y otro para autopropulsadas (figs. 31, 32 y 33).

INFORMES DE AVANCE EN EL TRABAJO

Dentro de los diferentes tipos de informes que se tienen, destaca por su claridad y contenido el CONTROL DIARIO DE PRODUCCION, en el que se puede ver la distribución del tiempo, en los conceptos que integran la operación y los paros programados y no programados, el volumen dragado, tipo de material, el detalle de la operación y zona de tiro. En la parte posterior de la hoja se pondrá el número de tolvas, por turno, así como el volumen por tolva y también un mayor detalle de las observaciones, principalmente si hubo paros por otras causas y qué mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo se realizó, ya sea en cubierta o en máquinas (fig. 34).

1) LOCALIZACION

CLAVE

Estado

Municipio

Lugar

Zona

Zona de tiro

2) TIPO DE OBRA

3) DESCRIPCION

4) JUSTIFICACION

5) OBJETIVO

6) METAS

7) COSTO TOTAL S

FIG. 31

DRAGA AUTOPROPULSADA

MEMORIA DE CALCULO DE LA PRODUCCION POR TURNO:

DRAGA _____

CAPACIDAD DE LA TOLVA _____

LUGAR _____

ZONA _____

TIPO DE MATERIAL _____

CLAVE _____

| PARAMETROS CONSIDERADOS | FORMA DE OBTENCION DE PARAMETROS | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------|--|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | ESTIMADOS POR : | | | | | | MEDIDOS POR : | | | | | | | |
| | | | | | | | SUPERINTENDENCIA | | | | | | | |
| FECHA | | | | | | | | | | | | | | |
| DURACION DEL CICLO t (hrs) | | | | | | | | | | | | | | |
| VOLUMEN SOLIDOS EN TOLVA V (m ³) | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO UTIL POR TURNO T (hrs) | | | | | | | | | | | | | | |
| PRODUCCION POR TURNO P (m ³) | | | | | | | | | | | | | | |
| ECUACION DEL CALCULO: $P = \frac{T}{t} V$ | | | | | | | | | | | | | | |
| VOLUMEN m ³ | TURNOS | | CALENDARIO DE OPERACIONES Y PRODUCCION MENSUAL (MILES M ³) | | | | | | | | | | | |
| | POR DIA | POR MES | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SEP. | OCT. | NOV. | DIC. |
| | | | | | | | | | | | | | | |

97

FIG. 32

DRAGA ESTACIONARIA

PROGRAMA

MEMORIA DE CALCULO DE LA PRODUCCION POR TURNO

Draga: _____ Area Seccion Descarga = A (m²) _____

Lugar: _____ Zona _____

Tipo Material _____ Clave _____

PARAMETROS CONSIDERADOS

FORMA DE OBTENCION DE PARAMETROS

| ESTIMADOS POR | MEDIDOS POR | |
|-------------------|-------------|--|
| GERENCIA REGIONAL | | |

Fecha

Velocidad de descarga en el sentido de corte V (m/seg.)

Porcentaje de sólidos en el sentido del corte (%)

Tiempo de bombeo en el sentido del corte T (hrs)

Producción por turno P (m³)

Ecuación del cálculo $P = 3600 \cdot A \cdot V \cdot T$

3600 seg = 1 hora, ya que la velocidad está dada en m/seg

| VOLUMEN (m ³) | DURACION TURNOS | TURNOS | | CALENDARIO DE OPERACIONES Y PRODUCCION MENSUAL (miles m.) | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------|---------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | POR DIA | POR MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

COSTOS:

UNITARIO \$ _____ POR TURNO \$ _____ TOTAL \$ _____

FIG. 33

CONTROL DIARIO DE PRODUCCION

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|----------------------|---|----|----|----|--------------------------|----|
| 1 ID | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">2</td><td style="width: 20px;">A</td><td style="width: 20px;">M</td><td style="width: 20px;">D</td><td style="width: 20px;">7</td> </tr> </table> | 2 | A | M | D | 7 | NOMBRE DE LA DRAGA _____ | |
| 2 | A | M | D | 7 | | | | |
| GERENCIA : _____ | | Nº DE LA DRAGA _____ | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">8</td><td style="width: 20px;">9</td><td style="width: 20px;">10</td> </tr> </table> | 8 | 9 | 10 | | |
| 8 | 9 | 10 | | | | | | |
| SUPERINTENDENCIA GENERAL : _____ | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">11</td><td style="width: 20px;">12</td> </tr> </table> | 11 | 12 | | | |
| 11 | 12 | | | | | | | |
| DRAGANDO EN : _____ | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">13</td><td style="width: 20px;">14</td><td style="width: 20px;">15</td><td style="width: 20px;">16</td><td style="width: 20px;">17</td> </tr> </table> | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | | | |
| DIA DE LA SEMANA _____ | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">16</td> </tr> </table> | 16 | | | | |
| 16 | | | | | | | | |

| DISTRIBUCION DEL TIEMPO | | | | | | | | | | VOLUMEN DRAGADO m ³ | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---------|--------------------------------|-----------------------|--|--|---|-----|-----|
| TIPO DE | ACTIVIDAD | TURNO 1 | | TURNO 2 | | TURNO 3 | | TURNO 1 | TURNO 2 | TURNO 3 | | | | | | |
| | | H | M | H | M | H | M | | | | | | | | | |
| OPERACION | Dragado (19 - 27) | | | | | | | 100 | 112 113 | 116 117 | 120 | | | | | |
| | Navegación a Descarga (28 - 38) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Maniobras (37 - 45) | | | | | | | | | | | | | | | |
| PARO PROGRAMADO | Mantenimiento Preventivo (46 - 54) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rehabilitación (55 - 63) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Traslado (64 - 72) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Descanso (73 - 81) | | | | | | | | | | | | | | | |
| PARO NO PROGRAMADO | Mantenimiento Correctivo (82 - 90) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mal tiempo (91 - 99) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Otras Causas (100 - 100) | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO REPORTADO | | 8 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | SITUACION DE LA DRAGA | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">121</td><td style="width: 20px;">122</td> </tr> </table> | 121 | 122 |
| 121 | 122 | | | | | | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES

| DESCRIPCION DE LA OPERACION Y EL DRAGADO | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------------|------------------------|---------|--------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------------|------|---------------------|------|----------------------------------|
| ID | T C | Obra de Apoyo | Clave de Lugar Dragado | Seccion | Volumen Dragado m ³ | Clave de Material Dragado | Nº de Tolva | % de Salida | Vel. de Desc. | Bombeo Efectivo | | Navegación Descarga | | Recorrido Tot. Doble Bombeo Mts. |
| | | | | | | | | | | Hrs. | Min. | Hrs. | Min. | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |

| ID | Distancia del Lugar Descarga Mts. | Zona de Tiro | Sonda Antes (cm.) | Sonda Después (cm.) | Ancho Corte (dm.) | Avance Día (dm.) | Longitud de la línea Flotante Mts. | Longitud de la línea Terrestre Mts. | Elevación de la Descarga dm. | DESCRIPCION DE LA ZONA DE TIRO | |
|----|-----------------------------------|--------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|
| | | | | | | | | | | | |
| 66 | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | |
| 73 | | | | | | | | | | | |
| 77 | | | | | | | | | | | |
| 81 | | | | | | | | | | | |
| 84 | | | | | | | | | | | |
| 87 | | | | | | | | | | | |
| 91 | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | |
| 99 | | | | | | | | | | | |

FIG. 34

| EQUIPO AUXILIAR | |
|------------------------|-----------|
| DESCRIPCION DEL EQUIPO | NOVEDADES |
| | |

EL CAPITAN _____ EL JEFE DE MAQUINAS _____

(REVERSO FIG. 34)

Tomando como base este Control Diario de Producción y el Programa de Actividades, se pueden elaborar reportes semanales, los cuales reflejan de manera clara y precisa los avances logrados en cada una de las obras en ejecución, indicando volúmenes programados, realizados por semana y acumulados, porcentajes de avance y desviaciones.

Este informe incluye también, una serie de comentarios breves de las incidencias o acontecimientos más relevantes que se presentaron durante el desarrollo de los trabajos de cada una de las dragas, con el propósito de tener un panorama general del desempeño de la flota.

Una vez confrontados los volúmenes programados contra los realizados, se determina si el programa sufrió alguna desviación y en caso de que existiera, se analizan las causas que la motivaron para establecer las acciones correctivas tendientes a abatirla.

Comunmente, las desviaciones que se presentan en los trabajos de dragado se originan por las siguientes causas:

- Prolongación del mantenimiento mayor de la draga
- Modificaciones del programa
- Eficiencia operativa

En términos generales y dependiendo de las condiciones físicas de una draga, el mantenimiento mayor de la misma requiere una permanencia de dos a tres meses en Astillero.

Sin embargo, por diversas razones, existe la posibilidad de que este período se prolongue, lo que implica un déficit en la producción, siendo ésta más sensible cuanto mayor sea el potencial de la draga.

Es común que algunas de las obras consideradas en el programa original se modifiquen o en ocasiones se cancelen y asimismo, que se realicen otras no programadas.

Así por ejemplo, pueden presentarse azolvamientos inesperados, provocados por perturbaciones meteorológicas, que ponen en peligro la seguridad de las embarcaciones, haciéndose necesaria la movilización de una draga para la atención inmediata del puerto, aun cuando ésta se encuentre realizando alguna obra dentro del programa.

En toda actividad de dragado, invariablemente se presentan un sin número de imponderables que tienen un efecto directo en la eficiencia operativa y por lo tanto, pueden alterar el ritmo de trabajo de las unidades dando origen a las desviaciones.

Algunas de las alteraciones que afectan el plan de operaciones de una draga pueden ser corregidas de inmediato por la tripulación, sin embargo, existen otras que no pueden ser controladas con la misma rapidez, en cuyo caso deben tomarse las medidas necesarias para reanudar las operaciones lo antes posible y evitar retrasos mayores.

A continuación se enlistan una serie de casos fortuitos que se presentan con más frecuencia: mantenimientos correctivos de fallas menores (son los más significativos), retiro de escombros y basura encontrados en la zona de trabajo, paro de actividades para dar paso a buques, por encontrar material no dragable o fuera de especificación, mal tiempo, etc.

Con cierta medida, todo programa de dragado debe tomar en cuenta el factor "imponderables", y la eficiencia lograda dependerá en alto grado de la preparación y habilidad del personal operativo.

Para llevar el control de las obras y verificar la medida en que se van cumpliendo las metas previstas, es necesario elaborar un reporte mensual de operaciones, el cual, para mayor claridad, puede hacerse a base de formatos.

Básicamente la información recopilada en dichos formatos es la siguiente:

- Volúmenes dragados durante el mes y acumulados por puerto, obra y draga
- Desglose de tiempos utilizados en cada una de las actividades desarrolladas por las dragas
- Gráficas comparativas de volúmenes programados - realizados (individual por cada draga y global por toda la flota)
- Croquis de localización, donde se indican las zonas dragadas

Cabe destacar la importancia de incluir en este informe, una descripción del estado físico que guardan las obras en cuanto a profundidades y dimensiones mínimas aprovechables que se lograron en los canales de navegación y dársenas; así como resaltar los beneficios que obtienen los usuarios de los puertos con los avances alcanzados en el período.

Durante la ejecución de los trabajos, es muy importante que se realicen batimetrías de control que permitan verificar los avances físicos de la obra y ubicar las zonas críticas donde se deberá concentrar el dragado.

Otro de los aspectos relevantes que debe tomarse en consideración para llevar un buen control de las obras, es la determinación de los rendimientos obtenidos por las dragas. Esta información no solamente refleja la productividad de las unidades, sino que también es de gran utilidad para la realización de diversos trabajos, entre los que destacan: análisis de precios unitarios, elaboración de planes de obra y estructuración de programas a largo plazo.

Es evidente que el rendimiento de una draga, varía de acuerdo al puerto donde trabaja, ya que cada uno de ellos presenta una problemática muy particular. Por ello, es recomendable obtener sistemáticamente los parámetros de producción, en todos los sitios donde operan las dragas y crear una serie de estadísticas de productividad, lo más completa posible.

Respecto a la obtención de estos parámetros, cuando las mediciones se hacen directamente en campo, los resultados se apegan más a la realidad y por lo tanto son más confiables; aunque, dada la complejidad inherente a este tipo de mediciones, el tiempo requerido para efectuarlas es significativo y no siempre se está en la posibilidad de hacerlas a bordo de la draga.

Sin embargo, cuando no se cuenta con el personal y tiempo suficiente para realizar la medición directa, los rendimientos se pueden calcular por medios analíticos, tomando como base el CONTROL DIARIO DE PRODUCCION, lográndose resultados aceptables.

En las tablas adjuntas, se pueden apreciar el cúmulo de información que es posible obtener para cada una de las dragas, tanto autopropulsadas como estacionarias, lo cual es producto de la recopilación diaria de los datos que intervienen en las operaciones matemáticas.

RESUMEN DE RENDIMIENTOS 1991
(DRAGAS AUTOPROPULSADAS)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------------------|-----------------|--|------------------------|----------------------|---------------------------------|---|---------------|-------------------|----------------------|--|--|----|----|----|----|
| TIPO DE DRAGA | PUERTO | ZONA | TIEMPO UTILIZADO (HRS) | DURACION CICLO (HRS) | VOLUMEN TOLVA (M ³) | RENDIMIENTO OPERATIVO (M ³ /HR.) | RENTES (1000) | TIPO DE OPERACION | EFICIENCIA OPERATIVA | TIPO DE MATERIAL | DISTANCIA A ZONA DE TIPO (DESDE ZONA DE OPERACION) | | | | |
| 1,300 M ³ | Pto. MADRID | CANAL PRINCIPAL INT. DARSENA FISCAL | 19.31 | 2.45 | 621 | 254 | 120 | C | | arena fina suelta y fango | 3 Millas E. al mar. | | | | |
| | " | " | 7.20 | 2.68 | 726 | 271 | 35 | M | 67% | " | " | | | | |
| | SALINA CRUZ | DARSENA DE PEMEX. | 17.84 | 2.74 | 299 | 109 | 50 | C | | arena fina y fango | 3 Millas S.E. al mar. | | | | |
| | MANZANILLO | NUEVA DARS. DE CONTENEDORES | 19.41 | 1.60 | 1,194 | 744 | 231 | C | | fango | 1.5 Millas N. al mar. | | | | |
| | ENSENADA | CANAL Y DARSENA FISCAL | 16.12 | 2.60 | 1,510 | 580 | 255 | C | | arena fina suelta y conch. | 3 Millas N. al mar. | | | | |
| | TOPOLOBAMPO | NVA. DARSENA DE CONTENEDORES | 18.07 | 3.70 | 2,250 | 610 | 275 | C | 61% | arena fina suelta y fango | 5 Millas S.-W. al mar. | | | | |
| | " | ENTRADA A BARRA DE CUPIPA DEL NUEVO MUELLE A 3 KM. | 19.47 | 2.49 | 3,800 | 1,522 | 740 | C | | arena gruesa suelta, conch., limos y conchs. del nuevo muelle. | 3 Millas Punta Copas | | | | |
| | LAZARO CARDENAS | DARSENA DE GRANOS | 17.28 | 3.20 | 500 | 139 | 60 | C | | fango A. G. Gravitilla. | 2 Millas S.E. al mar. | | | | |
| | PICHILINGUE | MUELLE DE CONTENEDORES | 22.42 | 3.20 | 387 | 121 | 65 | C | | arena semi gruesa y Conchuela Compactas y Boleo | 3.5 Millas N. al mar. | | | | |
| | MANZANILLO | NVA. DARSENA DE CONTENEDORES | 20.05 | 1.71 | 327 | 191 | 95 | C | | fango y arcilla. | 2 Millas E. al mar. | | | | |
| | GUAYMAS | CANAL DE NAVEGACION DARSENA DE CEMENTOS MEXICANOS | 20.51 | 3.00 | 700 | 232 | 120 | C | | fango y arcilla. | 3.5 Millas S.-W. al mar. | | | | |
| | PIC. ALAMIRA | CANAL DE NAVEGACION | 15.95 | 2.39 | 650 | 273 | 110 | C | | arc. conch. arena f. suelta | 3 Millas N.W. al mar. | | | | |
| | TAMPICO | CANAL FISCAL (6-000/13-800) | 18.64 | 1.75 | 550 | 313 | 145 | C | | fango y arena fina compact. | 3.5 Millas N.E. al mar. | | | | |
| | " | DARSENA FISCAL (11-400/13-800) | 18.55 | 4.25 | 900 | 213 | 100 | C | | fango y arena fina suelta. | 9.5 Millas N.E. al mar. | | | | |
| | TUJAPAN | CANAL EXT. Y ENTRE ESC. (6-000/2-800) | 18.25 | 2.99 | 978 | 327 | 150 | C | | arcilla y arena f. suelta. | 4 Millas E. al mar. | | | | |
| | FRONTERA | CANAL DE ACCESO EXTERIOR | 17.83 | 2.15 | 265 | 123 | 55 | C | | arena f. con limos y arcas. | 1.5 Millas S.-W. al mar. | | | | |
| | " | " | 12.61 | 2.31 | 250 | 109 | 25 | M | | " | " | | | | |
| | TUJAPAN | TRANSF. GRANULERAS | 17.15 | 2.42 | 260 | 98 | 40 | C | | ARCILLA | 3 Millas S.-E. al mar. | | | | |
| | FRONTERA | CANAL DE ACCESO EXTERIOR | 18.04 | 1.50 | 436 | 240 | 110 | C | | arena f. con limos y arcas. | 1.5 Millas S.-W. al mar. | | | | |
| | TUJAPAN | CANAL INT. Y DARSENA FISCAL | 18.95 | 2.50 | 530 | 268 | 60 | M | | " | " | | | | |
| | ALAMIRA | ZONA POSICION DE ATRQUE (CONSERVACION) | 19.69 | 2.95 | 650 | 221 | 105 | C | | arc. y arena fina suelta | 5.5 Millas E. al mar. | | | | |
| | TAMPICO | CANAL FISCAL (6-000/13-800) | 19.95 | 4.79 | 1,342 | 283 | 160 | C | | arcilla, arena fina suelta | 3 Millas S. al mar. | | | | |
| | " | DARSENA FISCAL (11-400/13-800) | 19.95 | 4.59 | 1,255 | 270 | 135 | C | | fango y arena fina suelta | 9 Millas N. al mar. | | | | |
| | COATZACOALCOS | CANAL DARSENAS FISCAL Y CIABOGA | 18.80 | 3.95 | 1,235 | 315 | 150 | C | | " | 9.5 Millas N. al mar. | | | | |
| | TUJAPAN | CANAL EXTERIOR Y ENTRE ESC. | 17.59 | 4.07 | 300 | 73 | 30 | C | | arena fina suelta. | 7.5 Millas N.-W. al mar. | | | | |

NOTAS:

- El rendimiento operativo/hora, incluye los conceptos de bombeo y mantobras.
- Se consideraron 18 dias efectivos de trabajo en operacion usual y 25 en continua.
- Se obtuvo un bajo rendimiento debido a que se encontro material rocoso, que la draga no pudo remover.
- Al reducir la distancia de tiro, se redujo el ciclo y aumento la produccion.
- Debido a la corta distancia entre la obra y la zona de explotacion del banco y a que la draga cargaba material suelto en tolvas al 95% de su capacidad, la produccion fue altamente satisfactoria.
- La draga de 4,000 m³ tuvo un bajo rendimiento, ya que durante todo el año trabajo con una sola escala y en el caso de tambico, drago material compacto en la bocana.

MONEDIALIZADA:

- M = OPERACION NORMAL
- C = OPERACION CONTINUA

RESUMEN DE RENDIMIENTOS DE 1991.
(CORAGAS ESTACIONARIAS)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------------|-------------|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------|--------------------------------------|---|--|----|
| TIPO DE DRENAJE | PUERTO | ZONA | TIEMPO DE TRABAJO (HRS) | TIEMPO DE TRABAJO (HRS) | PROGNC- DÍAS (DÍAS) | DÍAS EFFECTIVOS (DÍAS) | RENDIMIENTO VOLUMEN (M ³ /HR.) | M ³ /MES (1000) | TIPO OPERACION | TIENOS: EFICIENCIA /C/A (%) | TIPO DE MATERIAL | ZONA DE TIPO | |
| 24" Ø | EL TOBARI | CANAL DE LLAMADA | 14.01 | 18.95 | 1,554 | 25 | 82 | 40 | C | 3 | Arcilla Comp. Arena F. y Conch. | Hasta 350 mts. a ambos lados del canal. | |
| | " | " | 13.65 | 18.68 | 1,628 | 18 | 87 | 30 | M | 3 | " | " | |
| 27" Ø | PICHLINGUE | CANAL Y DARSENA | 10.48 | 14.51 | 3,553 | 25 | 245 | 90 | C | 3 | Arena Gruesa y Conchuela Compactada y Goleo | 1000 mts. E. en la playa. | |
| | TOPOLORAMPO | DARSENA COMERCIAL (RELLENOS DE PÁIDOS) | 12.49 | 19.67 | 7,610 | 25 | 387 | 190 | C | 3 | Arena Gruesa Suelta y Conchuela | 600 mts. N. a Tierra en zona de relleno. | |
| 16" Ø | TAMPICO | DARSENA FISCAL | 13.61 | 18.18 | 1,465 | 18 | 79 | 25 | M | 3 | Fango y Arena fina Suelta. | 50 mts. S. al río. | |
| 20" Ø | TAMPICO | DARSENA FISCAL | 14.50 | 19.60 | 1,657 | 25 | 74 | 35 | C | 3 | Fango. | 40 mts. Sur al río. | |
| | ALTAMIRA | 3ra. POSICION DE ATRAQUE (CASA SUPERIOR) | 14.67 | 20.50 | 1,600 | 25 | 88 | 45 | C | 3 | Arc.Comp. y Arena G. Suelta | 800 mts. S-E a Tierra. | |
| 20" Ø | ALTAMIRA | 3ra. POSICION DE ATRAQUE CADA INTERMEDIA | 11.63 | 14.59 | 1,000 | 25 | 69 | 25 | C | 3 | Arena Gr. Arc. Comp. y Material | 1,300 mts. S-E a Tierra. | |
| | " | CAPA INFERIOR | 12.53 | 18.68 | 1,850 | 25 | 99 | 45 | C | 3 | Arena Gruesa Compactada. | " | |
| 20" Ø | ENSENADA | MVA. DAR. C. GUABALAJARA. | 10.99 | 16.14 | 1,100 | 18 | 68 | 20 | M | 3 | Arena fina Compactada. | 200 mts. S. al Mar. | |
| 20" Ø | ALTAMIRA | 3ra. POSICION DE ATRAQUE CASA SUPERIOR | 16.74 | 21.60 | 1,800 | 25 | 83 | 45 | C | 3 | Arc. Comp. y Arc. Gr. Suelta. | 800 mts. S.E. a Tierra. | |
| | TAMPICO | CAPA INFERIOR | 16.90 | 21.20 | 1,800 | 25 | 8 | 5 | C | 3 | Arena Gruesa Compactada. | " | |
| | " | DARSENA FISCAL | 15.32 | 23.46 | 1,850 | 25 | 90 | 45 | C | 3 | Arena fina Suelta y Fango | 40 Mts. Sur al río. | |
| 24" Ø | ERTAPA | MARINA-ERTAPA | 11.63 | 19.05 | 4,109 | 25 | 216 | 105 | C | 3 | Arena fina Fango y Piedra. | 1000 mts. N.W. a Tierra. | |
| | MANZANILLO | RELLENDO PARTE POSTERIOR DEL Muelle | 12.86 | 19.60 | 2,780 | 25 | 142 | 70 | C | 3 | Arena Gruesa Suelta | 400 mts. N.E. a Tierra en zona de relleno. | |
| 24" Ø | ERTAPA | MARINA-ERTAPA | 10.25 | 23.98 | 3,005 | 25 | 143 | 75 | C | 3 | Arena fina Suelta y Fango | 1000 mts. N.W. a Tierra. | |
| 20" Ø | EL CUTO | CANAL Y DARSENA | 11.34 | 16.42 | 1,110 | 18 | 68 | 20 | M | 3 | Arena Gruesa Suelta. | 350 mts. W. a la Playa. | |
| | BOCA CHICA | CANAL DE NAVEGACION | 15.75 | 21.05 | 2,200 | 25 | 100 | 55 | C | 3 | Fango y Arena fina Suelta. | 170 mts. W. a la Laguna. | |
| | " | " | 12.53 | 19.59 | 1,700 | 18 | 98 | 35 | M | 3 | " | 170 mts. W. a la Laguna. | |

NOTAS:

- El tiempo operativo/día y rendimiento operativo/hora, incluye los conceptos de bombeo y maniobras.
- Para efectos de programación se consideraron 18 días efectivos de trabajo en operación normal y 25 en continua.
- La fuerte producción se debió a que la draga rebombó el material suelto, acarreado por la draga de 4,000 M³ y depositado frente al nuevo muelle.
- Se obtuvo una baja producción al encontrar elementos extraños en la zona de operación.
- La producción bajó sustancialmente, por encontrar material muy compacto en profundidades mayores de 6.0 mts.
- Se consideró el periodo total de operaciones: oct/90 a jul/91.
- Se consideró el periodo de operaciones: dic/90 a abr/91.

NOTA: OPERACION CONTINUA

11.- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento, es el conjunto de actividades desarrolladas con el objeto de conservar las propiedades físicas de la draga, en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico.

Su objetivo es optimizar la disponibilidad de equipo, para la operación.

El proceso del mantenimiento debe ser contínuo, ya que las interrupciones provocan pérdidas y la corrección de condiciones defectuosas, origina un incremento de costos y una disminución en la productividad.

A continuación presentamos una relación de los equipos de dragado más usuales que deben ser programados para su mantenimiento.

EQUIPOS DE DRAGADO:

- Dragas
- Remolcadores
- Chalanes
- Embarcaciones auxiliares: lanchas topohidrográficas, de servicio, de salvamento
- Grúas
- Tiende tubos, cargadores frontales
- Estaciones de rebombeo
- Equipo auxiliar de descarga: tubería, flotadores, conexiones radiales.
- En general cualquier equipo que contribuya a realizar la labor de dragado.

PLANEACION DEL MANTENIMIENTO

La planeación del mantenimiento puede ser tan simple como la identificación de las actividades a realizar, sin embargo el objetivo de la planeación es lograr desarrollos futuros, obtener metas sobre todo a plazos medianos y largos que se puedan cuantificar determinando sus repercusiones en la empresa.

En una planeación adecuada se debe tomar en consideración la identificación de fines, la que consiste en determinar los objetivos y metas que se desean alcanzar a corto, mediano y largo plazo, entre las que podemos mencionar como importantes:

- Prolongar la vida económica de los equipos
- Obtener permanentemente de los equipos, rendimientos próximos a los de diseño.
- Evitar al máximo reparaciones y trabajos de emergencia
- Reducir los costos del mantenimiento correctivo y de la adquisición de refacciones de emergencia.

- PERIODO QUE DEBE ABARCAR LA PLANEACION

La planeación del mantenimiento por el tiempo que contempla puede ser:

A LARGO PLAZO: La que se encuentra íntimamente ligada con los pronósticos de demanda y la planeación estratégica de alta gerencia en la administración total. El tiempo físico para el que se elabora el plan puede variar.

En la administración pública normalmente es un sexenio.

A MEDIANO PLAZO: Son aquellos planes que están vinculados con los objetivos, política y procedimientos del mantenimiento a efecto de que estos sean afines con la problemática de la empresa. Estos planes normalmente se ligan a los presupuestos y se conocen como Planeación Táctica.

A CORTO PLAZO: Esta contempla la planeación operativa, ya que está íntimamente ligada al desarrollo de los proyectos, por lo que viene a ser una planeación específica de los trabajos de mantenimiento.

Este tipo de planes abarca tanto el mantenimiento que hay que efectuar diariamente como el que hay que realizar de manera periódica en forma cíclica.

Este tipo de planeación se elabora por los técnicos del grupo de control del mantenimiento por ser de carácter rutinario.

PRESUPUESTO

Este se integra con base en las necesidades del parque de maquinaria para su operación y conservación durante cierto período u obra que en el caso de la Administración Pública es el ejercicio presupuestal (anual) pudiendo dividirse en los siguientes capítulos:

MANTENIMIENTO MAYOR

- a) En seco
- b) A flote
- c) Refaccionamiento

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- a) Refaccionamiento
- b) Mano de Obra (en su caso)

MANTENIMIENTO RUTINARIO

- a) Materiales (consumibles)
- b) Refacciones menores
- c) Mano de obra (en su caso)

GASTOS ADMINISTRATIVOS DEL MANTENIMIENTO

- a) Salarios
- b) Supervisión
- c) Viáticos y pasajes

ADQUISICION DE BIENES COMPLEMENTARIOS

- a) Tubería, flotadores, conexiones
- b) Dientes, bases

No existe un factor preestablecido para el cálculo del costo del Mantenimiento Preventivo y Mayor, la estimación de éste debe basarse en la experiencia y los antecedentes de reparaciones anteriores. Algunos expertos en este campo mencionan con muchas reservas, ya que puede variar importantemente de draga a draga dependiendo de su tamaño y de su antigüedad, como aceptable una estimación del costo del 7.5% anual del precio de adquisición del equipo.

La diferencia fundamental entre el mantenimiento preventivo y el correctivo, es ejecutar el trabajo antes o después de presentarse la falla.

El mantenimiento rutinario es el que se realiza sistemáticamente, con la fuerza laboral propia como la limpieza de la unidad, pintura, chequeo de niveles y relleno de ser necesario, calibraciones, engrases, etc.

El mantenimiento preventivo, es aquel en el que se toman las medidas necesarias anticipadamente y en fechas preestablecidas, para tratar de evitar al máximo la presentación de fallas en los equipos, para lo anterior se deberá hacer una programación detallada la cual en gran medida estará basada en la experiencia y en los tiempos de operación que fijan los fabricantes de los diversos equipos.

El logro de la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo, a través de una justificación económica, raramente es factible, ya que el impacto inicial refleja una elevación de costos. Este mantenimiento se vuelve más necesario mientras más mecanizado y automatizado sea el equipo.

Para realizar el trabajo, existen además de la programación, algunos otros formatos de control como pueden ser las órdenes de trabajo, las requisiciones de almacén, etc. No siempre será necesario parar la unidad para realizar el mantenimiento preventivo, dependiendo del motor o sistema que se trate.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MAYOR

En virtud de que las Sociedades Clasificadoras norman que todo barco debe entrar a dique para inspección de casco, sistema de propulsión y gobierno cada 18 meses o como máximo cada dos años, resulta económico restituir al equipo sus características de operación originales en un período similar.

El mantenimiento mayor es similar al preventivo, o sea que es programado, debiendo parar la unidad por un tiempo más o menos largo (1 a 3 meses), ya que será necesario que suba a astillero o entre a dique seco, para realizar trabajos que no es posible hacer a flote, como pueden ser el sandblast, protección anticorrosiva y colocación de ánodos de sacrificio en el casco, cambio de planchas en mal estado, reparación de propelas y palas golpeadas, etc.

En este tipo de reparación, es necesario efectuar un conjunto de inspecciones, servicios y cambio de partes de largo período de duración, las que están incluidas en los principales sistemas de la draga.

Estas reparaciones se llevan a cabo por tiempo calendario o por horas de operación de cada sistema.

Otra posibilidad que genera reparaciones mayores la constituyen los accidentes que puede sufrir una draga, con la salvedad que esta acción no es planeada.

SUPERVISION: La magnitud, complejidad y costo que representa la ejecución del mantenimiento mayor a un equipo de dragado además del costo que representa el tener un equipo inactivo, hacen indispensable que se asigne un supervisor a cada reparación.

Esta supervisión puede ser interna, esto es pertenecer a la empresa o puede ser contratada.

CORRECCION DE FALLAS

Este tipo de reparaciones se origina por un desperfecto que sufre la maquinaria en operación, el que deberá ser evaluado por el supervisor de maquinaria.

Si se trata de un daño menor, se realizará la reparación inmediata, consiguiendo en el mercado local la pieza de repuesto. Si el daño es mayor, la draga debe suspender su operación, con el consiguiente retraso en su programa de ejecución, mientras las piezas afectadas se envían al taller o se adquieren las que no sean susceptibles de reparar, muchas de ellas de importación, lo que originará varios días o semanas de demora.

MEMORIAS Y REPORTES DE EJECUCION DEL MANTENIMIENTO

El objetivo de mantener un archivo de memorias y reportes de trabajos en donde se deberá indicar el tipo de falla, origen, forma de reparación, costo y materiales empleados es tener un "Historial de cada equipo".

Del análisis de este registro histórico se obtendrá:

- Detección de partes sensibles o débiles de los equipos
- Determinación de rendimientos y tiempos de reparación
- Determinación de necesidades de refaccionamiento
- Calificación del trabajo
- Costeabilidad de la reparación

REHABILITACION

La rehabilitación incluye aquellos trabajos de inspección, ajuste, servicio, cambio de partes y repuestos que se ejecutan en las unidades, cuando estas sobrepasan el período de su vida económica. Estos trabajos se aplican, si no a todas, si a la gran mayoría de sistemas que integran una draga, incluyendo el casco, su limpieza y protección anticorrosiva y su ejecución deberá ser en un astillero o dique seco. El objetivo es tratar que los sistemas reparados, regresen lo más cerca posible de su estado original.

Es importante recalcar esta actividad en el ámbito portuario de los países en desarrollo, donde se tiene falta de divisas y restricción a las importaciones, lo que ha dado como resultado proceder a rehabilitar en lugar de hacer nuevas adquisiciones.

Para esta actividad debemos verificar lo siguiente:

- 1.- Justificación económica al comparar el costo de rehabilitar contra el que tiene una unidad nueva.
- 2.- Ventajas en el ahorro de divisas
- 3.- Análisis financiero

Es conveniente pensar en rehabilitar una unidad cuando se pueden lograr los objetivos siguientes:

- 50% del costo de la unidad nueva
- 80% de la vida de una unidad nueva

12.- COSTOS EN EL DRAGADO

El aspecto medular dentro del dragado, es el costo del mismo, el cual tiene que ser competitivo, para lo cual se plantean tres preguntas:

- 1.- ¿ Qué tipo de draga es la más apropiada para un determinado trabajo ?
- 2.- Habiendo escogido la draga idónea, ¿cómo ejecutar el trabajo de manera de obtener los máximos rendimientos y el menor costo?
- 3.- Son especialmente importantes los costos de acondicionamiento y traslado de la draga y su equipo auxiliar, los que se cargan a la obra a realizar.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DE UNA DRAGA

Para efectos del costo, el rendimiento de una draga depende de los siguientes factores:

- 1.- El tipo de draga.
- 2.- La naturaleza del material.
- 3.- El volumen de material a dragar
- 4.- La profundidad del dragado.
- 5.- La distancia entre los sitios de dragado y depósito
- 6.- Accesibilidad al sitio de dragado.
- 7.- Las condiciones físicas del lugar.
- 8.- El manejo del material desde el punto de vista de la contaminación.

DRAGAS AUTOPROPULSADAS DE TOLVA

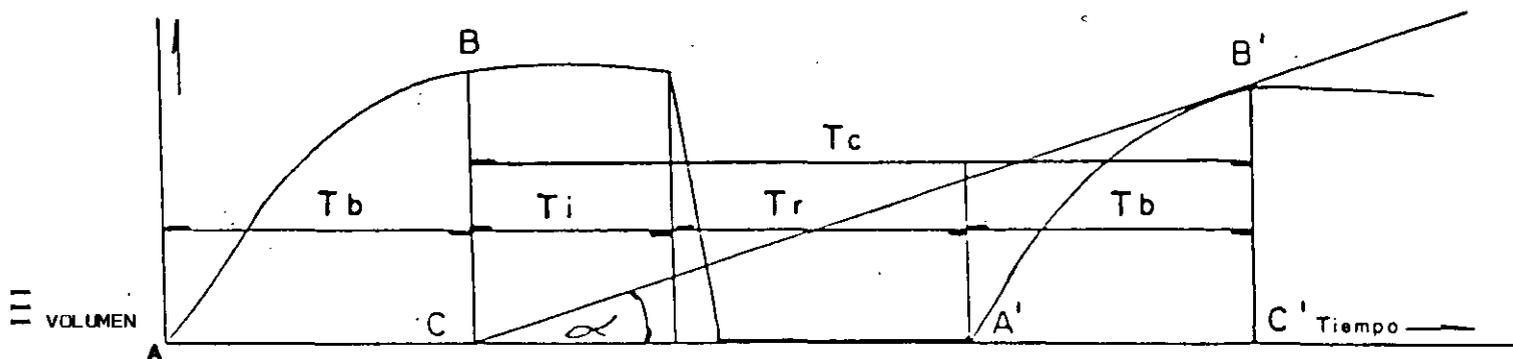
Carga económica de la tolva.- El tiempo que dura el bombeo, depende de la clase de material que se drague. Si consiste en arena o grava que se asienta rápidamente, se bombeará hasta la capacidad máxima de carga en la tolva; si se draga material ligero, arcillas por ejemplo, deberá prolongarse el bombeo por algún tiempo ya que alguna parte del material dragado se desbordará por los vertederos, en mayor volumen a medida que se va llenando la tolva.

Por lo anterior podremos definir como carga económica de la tolva, aquella en la que se obtenga el máximo volumen depositado en el menor tiempo.

Siempre se deberá suspender el dragado cuando la tolva ha recibido la carga económica, ya que de seguir bombeando para completar la capacidad faltante, significaría un exceso de tiempo en depositarse, con un rendimiento muy bajo.

Se llama pérdida por desbordamiento, la relación entre la cantidad de material que sale por los vertederos y la que se bombea a la tolva, por unidad de tiempo. En el caso más desfavorable esta relación será la unidad. La representación gráfica de la tolva económica la podemos ver en la (Fig. 35) donde se observa el ciclo completo del dragado, pudiéndose detectar que la mayor producción se obtendrá cuando la tang. sea la máxima.

Por lo mismo dicha tangente, indicará el momento en que el bombeo debe suspenderse para ir a vaciar la tolva.



T_i = Tiempo Navegación a la descarga
 T_r = Tiempo Navegación de retorno
 T_b = Tiempo de bombeo
 T_c = Tiempo total del ciclo

Fig. 35 Gráfica del ciclo de operación de una draga autopropulsada con tolva.

En material fino como limos y arcillas, a veces conviene continuar el bombeo a pesar de estar derramando por la tolva parte de los sólidos contenidos en la mezcla, con el fin de que la corriente los arrastre fuera de la zona por dragar. Este proceso se denomina dragado por agitación y en el mismo no tendrá sentido hablar de la tolva económica.

En la tabla siguiente, se muestran en forma estimativa los equipos idóneos para diversas condiciones de dragado, sin tomar en consideración la movilización del mismo, pero si la reposición al término de su vida económica.

CONVENIENCIA DE USO DE ALGUNOS EQUIPOS EN RELACION A SUS COSTOS PARA DIVERSOS LUGARES Y DISTANCIAS

| TIPO DE DRAGA | AREAS | | | | | DISTANCIA DE ACARPEO | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------|----------------------|--------|---------|---------|
| | ESTRECHAS. HUELLES RINCONES | DARSENAS PEQUEÑAS. RIVERAS | AREAS PROTEGIDAS. CANALES | AREAS COSTERAS | MAR ABIERTO | <3 Km. | <5 Km. | <10 Km. | >10 Km. |
| ESTACIONARIA CON SUCCION Y CORTADOR | R | E | B | C | N.A. | E | R | C | N.A. |
| AUTOPROPULSADA CON SUCCION | C | R | B | E | R | E | R | R | C |

SIGNIFICADO DE LAS LITERALES:

| | | | | | |
|---|-----------|---|-----------|------|--------------|
| B | BAJO | R | RAZONABLE | M.C. | MUY COSTOSO |
| E | ECONOMICO | C | COSTOSO | N.A. | NO APLICABLE |

Dentro de las operaciones de excavación y transporte de materiales, el dragado hidráulico es sin discusión, y en general, el de menor costo.

Se logra lo anterior por la magnitud de los volúmenes que pueden dragarse por unidad de tiempo, aun cuando los equipos que se utilizan, hablando de los mayores, son de alto valor, tanto por los tamaños que alcanzan, como por su alta tecnología.

En la estructura del costo, los cargos relativos a la operación del equipo son los mayores, suelen andar entre 60 a 80 % en los equipos mayores, por ello es evidente que para obtener costos competitivos debe tenderse, a que la inactividad ocasionada por paros sean mínimos debiendo obtenerse la mayor producción de material sólido por unidad de tiempo. Adicionalmente debe contarse con una administración muy cuidadosa y muy eficiente de los recursos.

Los tres puntos anteriores pueden considerarse básicos para conseguir menores costos.

Si se ha de lograr que los tiempos de paro sean mínimos; la draga como unidad de producción, es la que requiere de la atención más cuidadosa. Algunas acciones dirigidas a lograr esto son las siguientes:

- Siempre que sea posible el equipo debe operar 24 horas al día, 7 días a la semana y 10 meses al año, permitiendo 2 meses como promedio anual dedicado al mantenimiento mayor, en el que se considera carenado en lapsos de 24 a 30 días.

Conservar en óptimas condiciones el estado físico de la draga y de los remolcadores, y todo su equipo periférico. Es necesario el mantenimiento preventivo sistemático y es indispensable la atención diaria, por rutina, del funcionamiento del estado físico de los componentes de la draga.

- Las operaciones de dragado no están exentas de riesgos, sin embargo, los accidentes se reducen si hay una operación profesional, experimentada y hábil. Ayuda mucho una exploración de los fondos que van a atacarse retirando previamente todo género de obstáculos: embarcaciones hundidas, cables, trozos metálicos y todo aquello en donde el casco, las propelas, las rastras o el cortador puedan dañarse. En este tema, y hablando de la operación nocturna en particular, pero no en forma exclusiva, es necesario contar con un eficiente y bien planeado sistema de señalamiento y de ayuda a la navegación.

- El abastecimiento oportuno y eficiente de todo lo necesario para atender a bordo la vida y trabajo de las tripulaciones: alimentación, ropa y equipo de trabajo, alojamiento, ventilación y calefacción; así como los materiales necesarios para la operación misma de la draga; como pueden ser combustibles, lubricantes, cables y materiales diversos.

- Para la atención pronta y eficiente de cualquier falla, descompostura y hasta accidentes que pueda tener la draga, es indispensable que a bordo haya una existencia de las refacciones y repuestos de mayor consumo, es también indispensable en las dragas mayores tener un taller montado con las máquinas herramienta indispensables.

Para estos casos deberá contarse también, con la disponibilidad inmediata de servicios técnicos expertos y talleres para los casos de mayor complejidad.

Hablando de obtener la mayor producción por unidad de tiempo no puede dejar de señalarse la importancia de los siguientes aspectos entre otros:

La planeación y programación esmerada de los trabajos por ejecutar. Ayuda a reducir los tiempos perdidos y aumenta la eficiencia, la utilización de los procedimientos y técnicas más adecuadas para el material por atacar, y para las condiciones en que se desarrollará el dragado.

- Para planear con éxito los trabajos, es obvia la necesidad de contar con una exploración previa de los suelos que constituyen los fondos, para conocer sus cualidades y su localización. Este conocimiento previo permitirá con anticipación, programar los tipos más adecuados de las herramientas de ataque, con los que se conseguirá incrementar la producción.

- Es evidente que la participación de operadores profesionales de amplia experiencia y habilidosos, es también un factor importante para realizar los dragados con eficiencia y por tanto con una alta producción. En este punto vale la pena hacer notar, que la alta tecnología y sofisticación que han alcanzado los equipos de dragado, permiten reducir en forma importante el número de tripulantes; esto a su vez permite pagar salarios altos, para tener a cambio la operación más experimentada y profesional.

- Por último, pero sin pretender que se han mencionado todos los puntos importantes, se enfatiza en la necesidad de contar con señalamientos abundantes y eficaces, posicionamiento electrónico, radares, apoyo batimétrico, etc... Todo esto aumentará la seguridad de trabajar exclusivamente

dentro de los límites de la obra, con sólo los sobredragados permitidos; en otras palabras, reducir al mínimo los volúmenes que no podrán cobrarse y por ende aumentar la producción eficiente.

Para mostrar el efecto que tiene en el costo unitario de un dragado con draga autopropulsada, operar o no la tolva económica y el tiempo de llenado consecuente, se comparan los costos del ciclo operativo de tres alternativas, una de ellas la que corresponde a operar la tolva económica. En todas, la distancia de tiro es de tres millas, se usa la misma draga cuyo costo directo horario se supone en 1 230 dólares y cuya velocidad de navegación al tiro es de 5 nudos y el retorno, vacía, de 8 nudos.

Material fango con un porcentaje mínimo de arena fina.

1.- Tiempo de llenado 2.0 horas, tolva con 60 % de la capacidad total.

2.- Tiempo de llenado 1.4 horas, tolva con 40 % de la capacidad total.

3.- Tiempo de llenado 1.2 horas, tolva con 30 % de la capacidad total.

ALTERNATIVA 1

Tiempo del ciclo

Llenado 2.000 hr./ ciclo

Navegación 3 mill/5 nudos + 3 mill/8 nudos 0.975 hr./ ciclo

Tiro, maniobras y posicionamiento. 0.500 hr./ ciclo
3.475 hr./ ciclo

Rendimiento.

4 000 m³. (cap. tolva) x 0.6 (factor de llenado) = 2 400 m³. / ciclo

Costo unitario directo

$$\frac{1\ 230\ \text{dl./ hr} \times 3.475\ \text{hr./ ciclo}}{2\ 400\ \text{m}^3\ \text{/ ciclo}} = 1.78\ \text{dl./ m}^3$$

ALTERNATIVA 2

Tiempo de ciclo 2.875 hr/ ciclo

Rendimiento

4 000 m³ (cap. tolva) x 0.4 (factor llenado) = 1 600 m³. / ciclo

Costo unitario directo

$$\frac{1\ 230\ \text{dl./ hr} \times 2.875\ \text{hr./ ciclo}}{1\ 600\ \text{m3./ ciclo}} = 2.21\ \text{dl./ m3}$$

ALTERNATIVA 3

Tiempo del ciclo

2.675 hr./ ciclo

Rendimiento

$$4\ 000\ \text{m3. (cap. tolva)} \times 0.3\ \text{(factor llenado)} = 1\ 200\ \text{m3./ ciclo}$$

Costo unitario directo

$$\frac{1\ 230\ \text{dl./ hr} \times 2.675\ \text{hr./ ciclo}}{1\ 200\ \text{m3./ ciclo}} = 2.74\ \text{dl./ m3}$$

Alt. 1.- 60 % en 2.0 hr. ; costo 1.78 dl./ m3.

Alt. 2.- 40 % en 1.4 hr. ; costo 2.21 dl./ m3.

Alt. 3.- 30 % en 1.2 hr. ; costo 2.74 dl./ m3.

La tolva económica (alternativa 1), da un costo directo del ciclo que es 20 % menor que la alternativa 2 y 35 % menor que la alternativa 3.

Analicemos ahora el costo unitario directo para una draga estacionaria de 20 pulgadas de diámetro

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Costo horario activa draga 20" | 140 dls. |
| Costo horario inactiva draga 20" | 85 dls. |
| Costo horario remolcador 1750 H.P. | 40 dls. |
| Costo horario chalán de 300 ton. | 15 dls. |
| Tubería de 20" por metro lineal | 115 dls. |
| Conexiones esféricas, pieza | 5 325 dls. |
| Flotadores, pieza | 4 260 dls. |
| Codos giratorios de 20" pieza. | 5 650 dls. |
| Factor de reposición | 1.20 |
| Movilización y maniobras | 24 hrs. |
| Volumen a dragar | 12 000 m3. |
| Rendimiento esperado | 115 m3/hr. |
| Tipo de material fango y arena fina | |
| Únicamente tubería flotante (100 m.) | |

MOVILIZACION DEL EQUIPO

| | | |
|-----------------------|----------------------|------------|
| Draga de 20" inactiva | 24 hrs. x 85 dls/hr. | 2 040 |
| Remolcador | 24 hrs. x 40 " | 960 |
| Chalan | 24 hrs. x 15 " | <u>360</u> |
| | S U M A | 3 360 |

$$\frac{3\ 360\ \text{dls.}}{12\ 000\ \text{m}^3} = 0.28\ \text{dl} / \text{m}^3$$

OPERACION

Linea de tiro flotante de 20" x 100 m.

$$\frac{115\ \text{dls} \times 100\ \text{m.} \times 1.20}{8\ 000\ \text{hr.}} = 1.72\ \text{dl} / \text{hr.}$$

FLOTADORES

$$\frac{4\ 260\ \text{dl.} \times 16\ \text{pza} \times 1.20}{18\ 375\ \text{hr.}} = 4.45\ \text{dl} / \text{hr.}$$

CODO GIRATORIO DE 20"

$$\frac{5\ 650\ \text{dl.} \times 1\ \text{pza} \times 1.20}{8\ 000\ \text{hr.}} = 0.85\ \text{dl} / \text{hr.}$$

CONEXIONES ESFERICAS

$$\frac{5\ 325\ \text{dl} \times 8\ \text{pza} \times 1.20}{8\ 000\ \text{hr.}} = 6.39\ \text{dl} / \text{hr.}$$

$$\text{S U M A} = 13.41\ \text{dl} / \text{hr.}$$

EQUIPO DE DRAGADO

| | |
|--------------|--------------------|
| Draga activa | 140 dl / hr. |
| Remolcador | 40 dl / hr. |
| Chalan | <u>15 dl / hr.</u> |
| SUMA | 195 dl / hr. |

$$\frac{195\ \text{dl} + 13.41\ \text{dl} / \text{hr.}}{115\ \text{m}^3 / \text{hr}} = 1.81\ \text{dl} / \text{m}^3$$

$$\text{COSTO DIRECTO } 0.28 + 1.81 = 2.09\ \text{dl} / \text{m}^3$$

13.- EL DRAGADO Y SU RELACION CON EL MEDIO AMBIENTE.

Desde los tiempos inmemoriales los trabajos de dragado han tenido en todos los países de la tierra una importancia capital, ya que han servido para rellenar tierras inundables, permitir el tráfico de embarcaciones, construir canales, dársenas portuarias, regularizar causes de ríos, proteger costas, crear playas artificiales, mejorar suelos, explotar bancos de materiales, etc., actividades todas estas ligadas al desarrollo de las poblaciones, sus habitantes y sus medios de vida.

Actualmente sin embargo, grupos de personas que se dicen defensoras de la naturaleza, objetan y critican la realización de este tipo de trabajos, que a lo largo de los años han demostrado que si bien es cierto que han modificado a la naturaleza, ha sido en beneficio de la misma y sobre todo de la especie humana.

En casi todos los países se han dictado leyes y reglamentos tendientes a proteger el medio ambiente, cada vez más deteriorado, tal vez por otro tipo de factores que tienen una mayor repercusión de tipo negativo en el medio, que los producidos por los trabajos de dragado.

Es por esto que debemos hacer una clara diferenciación entre dragados de conservación y dragados de construcción.

DRAGADOS DE CONSERVACION

Cabe destacar por lo que se refiere a los dragados de conservación, el hecho que la actividad, del dragado, simplemente ayuda a la naturaleza en la remoción de azolves, para alcanzar así una profundidad que previamente se tenía, por lo que el mismo no modifica las condiciones originales del sitio a dragar.

Es necesario sin embargo hacer batimetrías periódicas en los sitios en mar abierto, donde se deposita el material producto del dragado, evitando así acumulamientos que puedan ocasionar problemas a la navegación o una concentración no deseable de azolves.

Por lo anterior se buscan sitios alejados de la costa, 3 millas en adelante, donde existan profundidades de 40 a 50 m. y corrientes que no regresen el material al sitio de dragado, logrando así una dilución del azolve.

En México hasta hoy en día no se tienen azolves de materiales contaminantes en ningún puerto del país, incluyendo las terminales fluviales de PEMEX.

DRAGADOS DE CONSTRUCCION

Nuestro país tiene una de las legislaciones más avanzadas en esta materia como es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus reglamentos correspondientes, que hacen obligatorio que para todo dragado de construcción, se presente una manifestación de Impacto Ambiental a fin de poder obtener la autorización para su realización.

Múltiples son los objetivos que se pueden obtener con los trabajos de dragado según sea su finalidad, tipo de material por dragar, el equipo a utilizar y la forma de disposición del material producto del dragado.

Dependiendo del tipo de material, será como se impactará al medio ambiente desde el momento de su extracción hasta su depósito.

Será pues necesario tener plenamente definido el trabajo de dragado a realizar y las características del medio que se va a modificar, así como los beneficios que se van a obtener a fin de que puedan evaluarse adecuadamente los diferentes factores y que del balance de los mismos, se determine la conveniencia de su realización, las medidas de mitigación de efectos en su caso y las formas de control que se establezcan a fin de verificar su realización.

Una manifestación de impacto ambiental deberá cubrir los siguientes aspectos:

1.- Datos Generales

Información de tipo general sobre la empresa o institución que realizará el trabajo de dragado y la empresa responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

2.- Objetivos del Trabajo .

Justificación, beneficios esperados, descripción del trabajo de dragado descripción de los sitios de dragado, tipo de material por dragar, equipo utilizado, cantidad por dragar, tiempo, periodicidad,, zona de tiro y costo de los trabajos.

3.- Situación Actual de la Zona de Proyecto

Clima, fisiografía, hidrología, oceanografía, suelo, flora, fauna, aspectos económicos, sociales y culturales de la región incluyendo actitud de la población ante el proyecto del dragado.

4.- Establecimiento de Normas y Regulaciones Existentes en la Zona.

En este capítulo se establecerán los planes generales de desarrollo, existentes para la zona, incluyendo programas ecológicos y áreas protegidas en su caso.

5.- Identificación de Impactos Ambientales

Se identificarán los impactos que se produzcan desde la preparación del equipo de dragado, del sitio en el que se realizarán los trabajos, durante el dragado mismo, y la zona seleccionada para el depósito del material producto del dragado, para lo cual se deberá tener la información básica para definir el comportamiento de la zona durante la realización de los trabajos y a la finalización de los mismos.

De una manera especial se deberá definir el efecto en el sitio de depósito de material, así como los cambios que se darán desde el punto de vista hidrológico, oceanográfico, de la flora, fauna y el futuro de desarrollo urbano.

Los principales impactos positivos tienen que ver con el mejoramiento de las condiciones de navegación, del régimen hidrológico, de la formación de rellenos, del abastecimiento de materiales de construcción, de la creación de playas, la recuperación de minerales, de la oxigenación de la columna de agua y reciclaje de elementos nutritivos, a la flora y fauna acuática, de los sedimentos del fondo.

Se pueden considerar efectos negativos, básicamente: el ruido ocasionado por el equipo de dragado; la turbulencia causada durante la realización de los trabajos; el obstáculo a la navegación por el equipo durante el desarrollo de los mismos; la modificación al medio en el sitio de depósito de material de dragado; la contaminación de las aguas por efecto del material de dragado; las perturbaciones en el medio de las condiciones de la flora y fauna existentes; dilución de los sedimentos depositados en el fondo, hacia nuevas áreas de depósito.

6.- Medidas de Prevención y Mitigación de los Impactos Ambientales Identificados.

Establecidos los impactos ambientales que se consideren negativos, se definirán acciones que los minimicen, definiendo con precisión el área afectada, la duración de los impactos, la intensidad de los mismos, así como el efecto acumulativo que pueden generar, para lo cual se propondrán campañas sistemáticas de control, que permitan verificar el comportamiento de la zona ante el efecto de los trabajos realizados.

7.- Conclusiones

Se hará un balance general de los beneficios que se obtendrán por los trabajos a realizar por una parte y por la otra se evaluarán los efectos negativos, a fin de establecer la conveniencia final de su realización, su justificación económica y social, indicando el programa de control requerido para minimizar los efectos negativos.

REFERENCIAS

| TITULO | AUTOR |
|---|----------------------------|
| MANUAL DE DRAGADO | LAVALLE ARGUDIN |
| INVESTIGACION OPERATIVA EN EL DRAGADO | H.A. VAN OOSTRUM |
| DRAGADO DE MANTENIMIENTO EN CANALES DE LECHO SUAVE | I.M.D.C. |
| MANUAL PARA EL MANDO DE DRAGAS | I.H.C. - BEAVER |
| CURSO DE DRAGADO 1982 | I.M.D.C. |
| CLASIFICACION DE SUELOS Y ROCAS A SER DRAGADOS. BOLETIN 14/88 | P.I.A.N.C. |
| HIDRAULIC DREDGING | JOHN HUSTON, P.E. |
| ECONOMIC METHODS OF CHANNEL MAINTENANCE. REPORTE DE TRABAJO GRUPO 14, COMITE TÉCNICO II | P.I.A.N.C. |
| MANTENIMIENTO DE EQUIPO PORTUARIO | PROYECTO TRAINMAR UNTAD |