



300613

Universidad La Salle

4  
rej.

Escuela de Ingeniería  
Incorporada a la U. N. A. M.

# EQUIPO DE DRAGADO

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Salvador Gabriel Covarrubias Padilla

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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

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

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

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

## I N D I C E

1	GENERALIDADES:	4
	1.1 Movimiento de tierras.	4
	1.2 Dragado.	4
	1.3 Tecnología de dragado.	5
2.	TIPOS DE OBRA DE DRAGADO.	7
	2.1 Dragado en excavaciones.	7
	2.2 Dragado en aterramientos.	7
	2.3 Dragado en excavación y aterramientos.	7
	2.4 Análisis del ciclo del dragado.	7
	2.4.1 Destrucción de la cohesión del suelo.	7
	2.4.2 Excavación.	8
	2.4.3 Fuerzas de reacción entre las fuerzas de excavación náuticas y meteorológicas.	8
	2.4.4 Transporte vertical.	9
	2.4.5 Depósito en el medio de transporte.	9
	2.4.6 Recepción en el medio de transporte.	10
	2.4.7 Pérdidas.	11
	2.4.8 Mejoramiento de la calidad: Clasificación, Concentración, Secado.	12
	2.4.9 Transporte horizontal.	13
	2.4.10 Descarga en vaciadero.	14
	2.4.11 Descarga para relleno.	15

2.4.12	Compactación y nivelación del relleno.	16
3.	EVOLUCION DEL EQUIPO DE DRAGADO	18
3.1	Historia.	18
4.	INVESTIGACION Y PERFECCIONAMIENTO	41
4.1	Dragado General.	41
4.2	Métodos de trabajo.	57
4.3	Metodos de trabajo, alternativas y tendencias actuales.	73
4.4	Parámetros que influencia para escoger el método de trabajo y el equipo.	82
5.	TOLERANCIAS EN EL SENTIDO VERTICAL Y HORIZONTAL	85
5.1	Debido al volumen dragado y/o a ser pagado	85
5.2	Debido al criterio estético y técnico.	86
5.3	Tolerancias alcanzables con los varios tipos de dragas para trabajos y obras de dragado en excavaciones.	87
5.4	Obligaciones de costos y criterio de tolerancia.	88
6.	INSTRUMENTACION Y AUTOMATIZACION DE LAS DRAGAS.	90
6.1	Introducción	90
6.2	Instrumentos relativos al transporte hidráulico de suelos.	90
6.3	Instrumentos especiales para dragas de succión y corte.	96
6.4	Instrumentos de apoyo, especiales para operación a bordo de dragas auto-transportadoras.	100
6.5	Automatización de tipos de equipos de dragado.	105
7.	EQUIPO DE NAVEGACION Y POSICIONAMIENTO.	107

7.1	Utilización de equipo electrónico.	107
7.2.	Equipo destinado a la ejecución de varias fases de una obra de dragado.	109
7.3	El equipo.	110
7.4	Operadores y personal técnico.	124
8.	CONCLUSIONES	127
9.	BIBLIOGRAFIA	157

## EQUIPO DE DRAGADO

El objetivo de esta información es ofrecer una visión global y comprensiva del desenvolvimiento del equipo de dragado.

Este estudio esta basado tanto en términos técnicos como en términos económicos.

**TECNICOS:** Haciendo uso de inventos técnicos así como del desarrollo de otras áreas, como máquinas, sistemas hidráulicos.

**ECONOMICOS:** Utilizando equipo especializado con el objeto de llegar a costos de producción mas bajos.

En el sentido de ser dada alguna idea sobre los varios tipos y dimensiones de los equipos de dragado que pueden ser usados, una cierta explicación de los varios tipos de proyectos de dragado a considerar en un principio, así como una descomposición del llamado ciclo de dragado, el cual resume los elementos funcionales del proceso.

Con esta información básicamente entramos al desarrollo del equipo de dragado, desde su forma mas remota y primitiva hasta los últimos y más sofisticados conceptos.

Se dará atención a las adquisiciones en el area de la investigación y el desenvolvimiento, métodos de trabajo, incluyendo mejoras de las calidades del material dragado en los sistemas alternativos de dragado.

Así mismo sera dada tambien una lista de parámetros prácticos que influyen en la

selección de métodos de trabajo y equipo a utilizar. Segundo, en esta parte técnica principal se le dará atención a los aspectos que influyen significativamente en la economía de los servicios de dragado. Por ejemplo: es importante conocer a fondo las tolerancias del equipo de dragado para poder trabajar en términos técnicos, más también si son sensiblemente económicos.

Como el equipo moderno exige cada vez mayores inversiones de capital, siendo por consiguiente mucho más productivo en el sentido de checar los costos más económicos en los resultados finales. La atención no solo será dada a la instrumentación y automatización, sino también al equipo de navegación y posicionamiento, y nos debemos asegurar que estas altas producciones sean en los lugares debidos.

Por fin llegaremos a la conclusión de que no es un mito el dragar, que es lo que la generalidad piensa, sino que existe la aplicación de tecnología de dragado que es más innovadora y debe cubrir áreas que en este caso son consideradas como de aplicación normal.

**CAPITULO I**  
**GENERALIDADES.**



## I. GENERALIDADES.

1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS, es la remoción de suelos por medios artificiales, que tiene como objetivo el satisfacer una demanda específica.

1.2 DRAGADO, es la remoción de suelos sumergidos, del fondo de los puertos, ríos y canales con el fin de aumentar la profundidad y descargar los azolves en las zonas de depósito, que puede ser el mar, 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.

**DRAGADO TERRESTRE:** Es la extracción de suelos con equipo montado en tierra.

**DRAGADO MARITIMO :** Es la extracción de suelos con equipo flotante.

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

El primero se efectúa cuando es preciso crear o aumentar la profundidad requerida para la flotación o navegación de los buques en puertos, dársenas, ríos y canales.

El segundo, tiene por finalidad mantener estos calados, neutralizando la acción de los azolves, que pueden ser originados por corrientes, marejadas, acarreo de litoral, etc.

Cuando durante la etapa de construcción de una obra marítima, es necesario efectuar dragados de importancia, es conveniente emplear el material extraído para relleno, si este

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 estos azolves que se descargan directamente en la zona con objeto de elevar las cotas de un terreno.

El dragado de conservación puede ser de tipo periódico o discontinuo y de tipo continuo y permanente. El primero se efectúa con cierta periodicidad o intervalo de acuerdo con la cantidad de material que se deposite en la zona.

Estos dragados se llevan a cabo en los puertos, canales, etc. en que los aportes de azolve son de poca importancia y se difunden en dársenas con reserva de profundidad. La observación periódica mediante sondeos, indicara el agotamiento de esta reserva y el tiempo en que debe disponerse el dragado para eliminar los depósitos en una campaña corta y enérgica.

Los dragados continuos se realizan esencialmente en los canales de navegación, barras de los ríos, puertos, etc., en que los arrastres de sedimentos son de tal consideración que exigen que continuamente sean retirados con el fin de mantener permanentemente la máxima profundidad requerida por los buques que operan en los puertos.

1.3 TECNOLOGIA DE DRAGADO, es la tecnología específica necesaria para desarrollar métodos propios de dragado o través de aplicación de procesos apropiados, en el sentido de ejecutar eficientes operaciones de dragado.

**CAPITULO 2**  
**TIPOS DE OBRAS DE DRAGADO.**

## 2. TIPOS DE OBRAS DE DRAGADO.

### 2.1 DRAGADO EN EXCAVACIONES:

Se limita solamente a excavar (base portuaria, canal, etc.) en el que el suelo excavado deberá ser solo removido.

### 2.2 DRAGADO EN ATERRAMIENTOS:

Se trata de terraplenes: (diques, bases de entrada, áreas a elevar, etc.). El suelo necesario deberá ser excavado y después transportado a un sitio determinado.

### 2.3 DRAGADO EN EXCAVACION Y ATERRAMIENTOS:

Se trata de una combinación de dos sistemas de dragado, por ejemplo; el área de maniobras de un puerto con la creación de un terraplén junto a la propia área, destinada a instalaciones portuarias.

### 2.4. ANALISIS DEL CICLO DE DRAGADO.

#### 2.4.1 DESTRUCCION DE LA COHESION DEL SUELO:

##### 2.4.1.1. QUIMICO

-Con explosivos.

##### 2.4.1.2. MECANICO

-Cortes simples, fragmentación,  
desgarrado (suelos cohesivos,

- arcillas duras).
- 2.4.1.3. EROSION HIDRAULICA - Abertura por arrastre, abertura por chorro (arena, arcilla floja)
- 2.4.1.4. PERTURBACION DEL EQUILIBRIO - Agitación.  
- Colapso de taludes (todos los suelos excepto arcilla dura o roca.)  
- Por explosivos, excavación mecánica, erosión hidráulica ( en el caso de taludes), vibraciones de choque, sobrecarga.
- 2.4.2 EXCAVACION.
- 2.4.2.1. MECANICA - Balde, cuchillo, desgarrador, cubo, almeja.
- 2.4.2.2. HIDRAULICA - Boca de succión por tubo; fuerza propulsora del fluido.
- 2.4.2.3 NEUMATICA - Bomba de aire comprimido.
- 2.4.3. FUERZAS DE REACCION ENTRE LAS FUERZAS DE EXCAVACION NAUTICAS Y METEOROLOGICAS.

- 2.4.3.1. EN DIRECCION HORIZONTAL. -Anclas, cabos, malecates, fuerzas propulsoras de los hélices.
- 2.4.3.2. EN DIRECCION VERTICAL. -Capacidad de flotación de la embarcación, cabos, malecates, cabos de elevación.  
-Peso de la máquina de excavación por ejemplo, almeja.
- 2.4.4. TRANSPORTE VERTICAL.
- 2.4.4.1. MECANICO -Almeja.  
-Pala frontal.  
-Cubo o balde.  
-Bomba espiral.  
-Elevador.
- 2.4.4.2. HIDRAULICO. -Fuerza propulsora del fluido, tubería de succión.
- 2.4.5 DEPOSITO EN EL MEDIO DE TRANSPORTE:
- 2.4.5.1. POR EMBARCACION
- 2.4.5.1.1. Materiales altamente concentrados.

-Directo - Pala frontal, almeja.

-Rampa de descarga - Balde.

2.4.5.1.2.

Material diluido en agua.

- Tubo de succión (draga tipo Hopper)

- Dispensar (draga estacionaria de succión).

2.4.5.2. POR TRANSPORTE CONTINUO:

2.4.5.2.1.

Material Altamente Concentrado:

- Banda transportadora.

- Relleno con mecanismo de retirada de agua.

- Rampa por gravedad.

- Rampa por vibración (con mecanismo de retirado de agua.)

2.4.5.2.2.

Material diluido en agua:

- Tubería flotante, tubería terrestre.

- Tubería suspendida.

- Tubería sumergida, tubería terrestre

- Por medio de una bomba de arena

2.4.6. RECEPCION EN EL MEDIO DE TRANSPORTE:

2.4.6.1.

ABASTECIMIENTO DE MATERIAL POR

**MEDIO MECANICO**

- Problemas especiales con barcazas o cisternas.
- Cisternas de recepción con equipo de retirada de agua con bandas transportadoras.

**2.4.6.2.****ABASTECIMIENTO DE MATERIAL POR MEDIO HIDRAULICO.**

- Por cisterna o barcazas, utilizándose medios especiales para mejorar el proceso de sedimentación y reducir las pérdidas de sobrerrelleno.
- Por transporte tubular sin medidas especiales.

**2.4.7. PERDIDAS.****2.4.7.1.**

Causadas por la ruptura del equilibrio de fuerzas internas del suelo (draga de corte y succión, draga de canchilones, draga de cucharón frontal, etc.) ruptura después del dragado, de la fosa o barrera frontal.



- 2.4.7.2. Causadas por la descarga del equipo de excavación (draga de canchilones, almeja, etc.)
- 2.4.7.3. Causadas por el sobre relleno de bercazas de depósito.
- 2.4.7.4. Causadas por el retorno del agua de la trampa hidráulica o aterramiento hidráulico.

2.4.8. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD : CLASIFICACION,  
CONCENTRACION, SECADO.

- 2.4.8.1. Hidráulica; sobre relleno, de bercazas de depósito.  
Concentración en torbellinos, (reducción en las pérdidas de sobre relleno.).  
Subpresión del agua.
- 2.4.8.2. Mecánica; cribas o tamices vibratorios, por ejemplo; cribas extractoras de agua.  
Criba trepidante ( draga de cascajo). Trituradoras.

## 2.4.9. TRANSPORTE HORIZONTAL.

## 2.4.9.1.

## NAYEGANDG.

- Barcaza elevador (auto-propulsado).
- Barcaza de descarga de fondo (autopulsado).
- Barcaza tipo "split (autopulsado)
- Barcaza de plano inclinado (autopulsado).
- Barcaza plana (autopulsado).
- Tipo Hopper marítimo (autopulsado)
- Draga tipo Hopper con almeja (autopulsado).
- Draga tipo Hopper de succión ( autopulsado).
- Draga autotransportadora.

## 2.4.9.2. MECANICA.

## Directa o posterior.

- descarga de barcazas cargadas con elevador.
- Correas transportadoras.
- Por medio de cabos.
- Vía férrea.
- Camión.



-Draga tipo "dustpan"

## 2.4.11. DESCARGA PARA RELLENO.

### 2.4.11.1.

MECANICO: ( relleno seco)

-Bulldozer.

-Draga de línea.

-Pala mecánica.

-Pala mecánica sobre ruedas.

-Camión.

-Bandas transportadoras.

-Bandas distribuidoras.

-Vía férrea.

### 2.4.11.2.

HIDRAULICO (relleno húmedo)

-Varías tuberías temporales

a través de piezas en "Y" y

válvulas prolongando periódica-  
mente los tubos.

-Relleno a través de secaderas.

-Organizar el relleno para la  
conservación de secaderas con  
bulldozers, dragas de línea, etc.

-Escurrimiento del agua del

relleno a través de drenaje,  
estacas, bombas y sifones.

#### 2.4.12. COMPACTACION Y NIVELACION DEL RELLENO.

##### 2.4.12.1.

##### HIDRAULICO.

- El resultado depende del tipo de suelo.
- La mejor compactación posible se obtiene con arena no muy fina (bien graduada).
- La nivelación puede ser ejecutada hidráulicamente en áreas largas y planas.
- Los taludes o perfiles detallados serán terminados mecánicamente.

##### 2.4.12.2.

##### MECANICO

- Rellenos en seco y rellenos hidráulicos altos y estrictos, terminados por bulldozers y compactados con rodillos, o algún otro equipo de compactación, planchas, camiones o vibradores.

**CAPITULO 3**  
**EVOLUCION DEL EQUIPO DE DRAGADO.**

### 3. EVOLUCION DEL EQUIPO DE DRAGADO.

#### 3.1. HISTORIA.

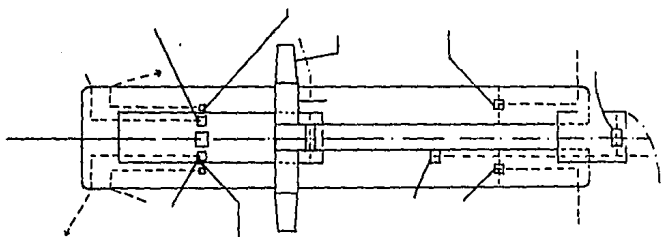
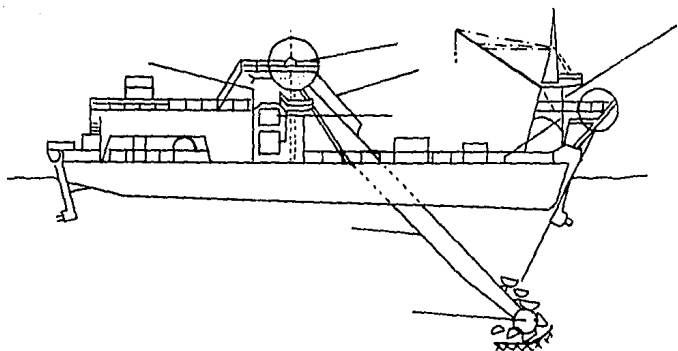
Cuando consideramos este tema, vemos un panorama del pasado y en particular el nacimiento de la Industria del Dragado, deberá tenerse en cuenta varios tipos de equipos utilizados.

En su inicio los trabajos de dragado fueron ejecutados en base a la fuerza humana. Podemos considerar los ejemplos más simples, que es el caso de un hombre al margen de un río o un estero sobre una barcaza dragando todo en una zanja con una llamada draga manual y depositando el material, dragado, en su misma barcaza o en el talud de la zanja.

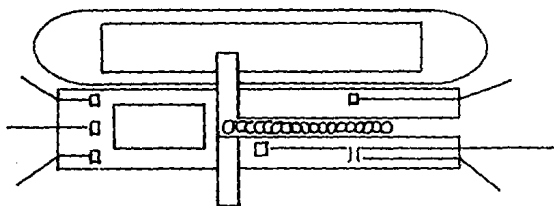
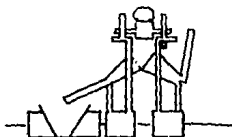
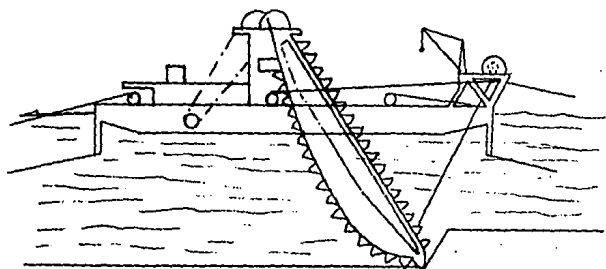
De aquí nació el primer equipo mecánico de dragado, o draga de canchales que era movida por la fuerza humana o por caballos. Como se debe entender los resultados eran muy limitados y solamente en condiciones favorables, teniendo en cuenta que el manejar suelo sumergido exige mucha energía. Esta es la razón por la cual en el pasado la excavación submarina era evitada.

El problema principal del dragado era el no contar con la energía necesaria para enfrentar las exigencias requeridas. La solución a este problema fué encontrada al inicio del siglo pasado, con la invención de la máquina de vapor. La aplicación de de esta forma de energía hizo posible dragar mayores cantidades de suelo en tiempos menores.

Formas básicas de gran número de equipos de dragado de esa época, son actualmente mantenidas en uso. Por tanto esa época debería ser considerada como la primera evolución







DRAGA DE CANJILONES

técnica de la industria del dragado.

En Europa el tambor de manivelas (mud-mill) movido por hombres o animales evolucionó hasta llegar a la draga de canjilones a vapor; y más tarde, diesel, electricidad e hidráulica.

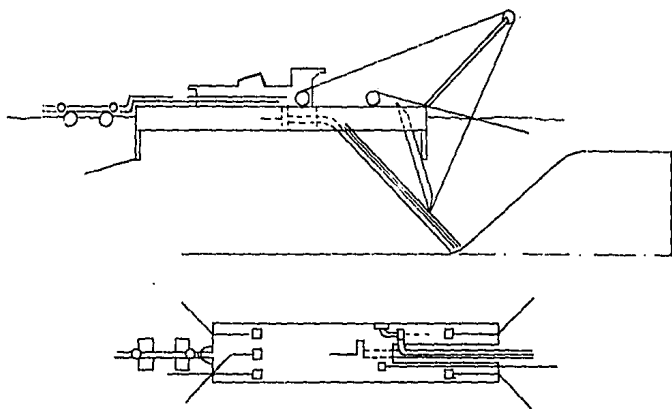
En esta época la draga estacionaria de succión, o draga de relleno hidráulico, fué también construida. Cuando se volvió evidente que los suelos no cohesivos tales como arcilla, podrían ser aspirados y bombeados a través de tubos, cuando el material tenía que ser transportado por lanchones, era común emplear una draga de succión y repulsión equipada con una instalación de carga a lanchones.

Un tipo especial de draga era la "dustpan", el trabajo de esta draga, no era una zanja o agujero donde el material era retirado por succión, sino remover apenas una capa fina superficial de material que era conseguida a través de un movimiento continuo del equipo.

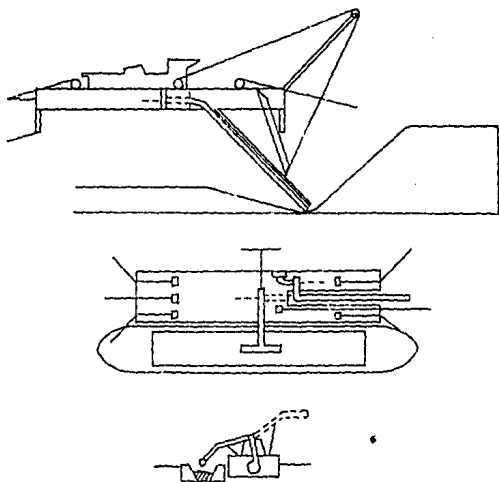
El canal de acceso a Rotterdam dragado en 1872, y más tarde el canal del Mar del Norte dragado en 1876, son las ligas principales de Rotterdam y Amsterdam con el Mar del Norte. Consiguiendo ejecutar este canal por medio de dragas de canjilones o de succión y repulsión. La mayor parte del material fue transportado por lanchones. La descarga fue ejecutada por medio de puertas de fondo de los lanchones.

Como el equipo era muy sensible a ondulaciones solamente era posible trabajar pocas semanas al año en zonas marítimas. Cuando las ondulaciones eran fuertes la draga de canjilones tenía grandes dificultades para dragar. Así como tampoco podían cargar los lanchones dado que se tornaba imposible permanecer estacionados junto a la draga.

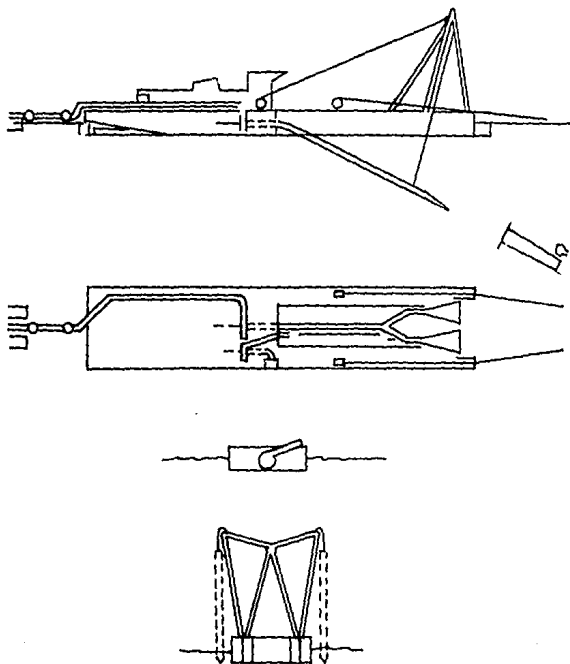
Consecuentemente otras posibilidades comenzaron a ser desarrolladas para trabajar en mar abierto y se obtuvo como resultado el proyecto de una draga autopropulsada y



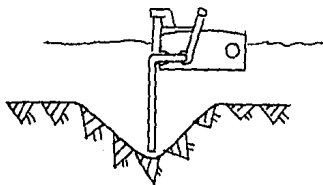
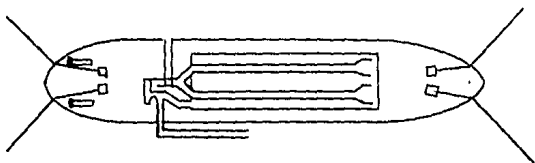
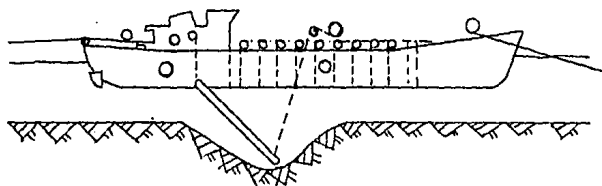
DRAGA ESTACIONARIA DE SUCCION CON TUBERIA FLOJANTE.

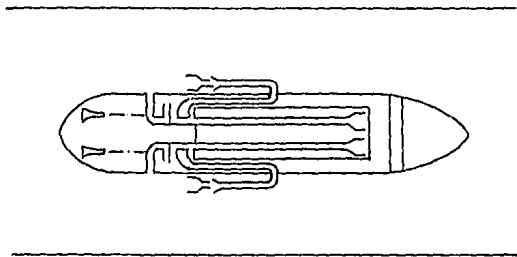
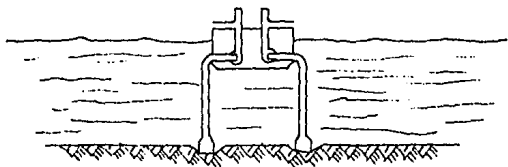
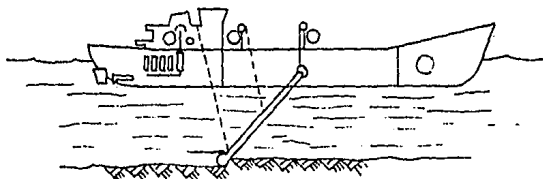


DRAGA ESTACIONARIA DE SUCCION CON SISTEMA DE CARGAMENTO DE BARCOZAS

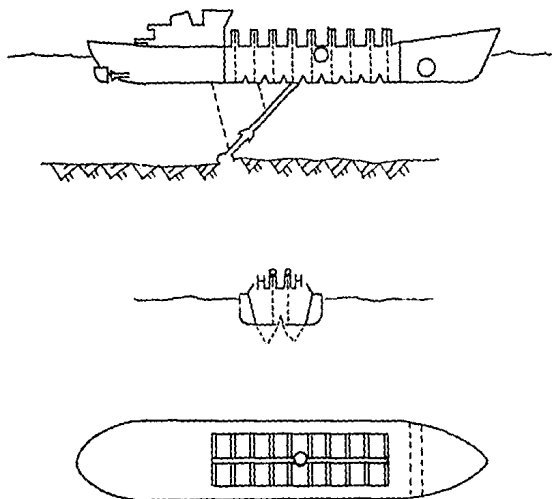


DRAGA TIPO "DUSTFAN"





DRAGA HOOPER DE SUCCION Y ARRASTRE



DRAGA AUTO-TRANSPORTADORA "TRAILER"



autocargable que es la llamada "draga autopulsada" o "draga tipo Hopper marítima", también llamada draga "Holandesa".

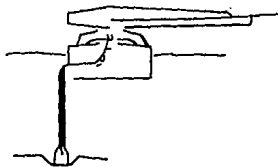
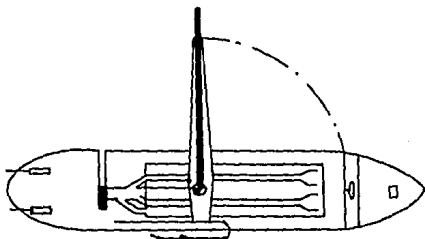
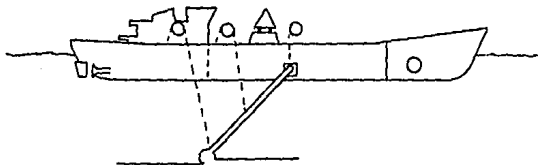
Durante el dragado la embarcación permanece anclada y bombea el material a su propia bodega (casco). El material dragado, es descargado en el mar por puertas de fondo. No obstante esta embarcación sufría muchos atrasos en el mar debido a las ondulaciones.

El siguiente paso fue la " draga tipo Hopper de succión y arrastre" o draga autotransportadora ( trailer). Tal y como la draga holandesa, esta es una draga de succión a su propia bodega, con la diferencia de que durante el dragado no necesita anclarse, ya que draga con un tubo de succión arrastrado sobre el fondo y navegando simultáneamente. Así se gana el tiempo del anclaje y no perturba el tráfico o movimiento de otras embarcaciones, más aún esta draga consigue ser menos sensible a ondulaciones y su trabajabilidad fue considerablemente incrementada.

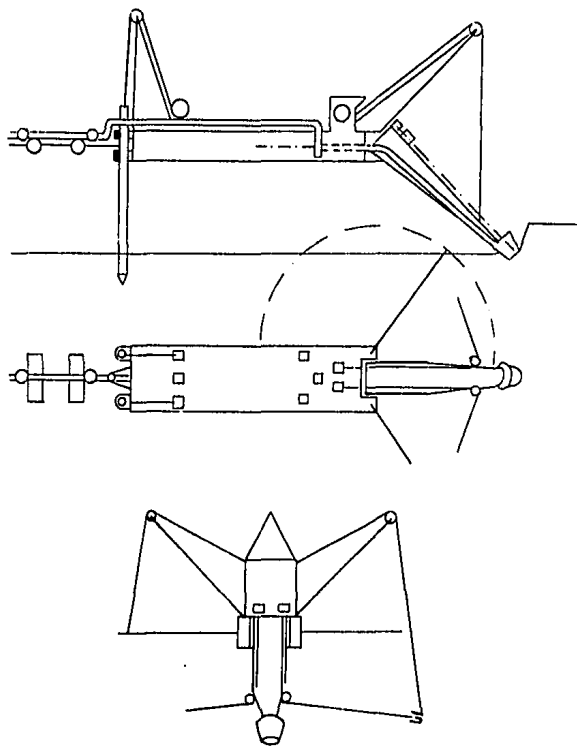
La evolución de este tipo de draga se considera como uno de los más importantes avances de la tecnología de la industria del dragado.

Otra forma especial, es la draga "tipo Boom" o draga de descarga lateral por medio de la cual el material es bombeado directamente a través de una tubería suspendida de una pluma o lenza. La aplicación de este tipo de draga esta limitada a dragado de pasajes o pasos estrechos y necesita de áreas de despeje a lo largo de todo su curso.

En los Estados Unidos de Norteamérica, se sintió la necesidad de dragar suelos más duros, por este motivo fue construída una draga con este fin, que es la llamada draga de succión y corte, o draga cortadora. Esta draga tiene junto a la boca del tubo de succión un cortador rotativo capaz de cortar material más duro, con el fin de poder ser retirado por succión.



DRAGA TIPO "BOOM"



DRAGA DE SUCCION Y CORTE

En esta misma época se desarrolló la "draga descargadora de barcasas" capaz de bombear a tierra el material dragado puesto en las barcasas.

Como equipo especial podemos mencionar la draga de cucharón, capaz de remover escombros de viejas barreras, diques, etc. Estas dragas también son utilizadas para dragar suelos duros. Otro modelo, es la draga tipo almeja, la cual puede ser utilizada para remover material heterogéneo en circunstancias especiales, donde por ejemplo la draga de canchilones no funciona, tal como dragar a lo largo de muelles, dragando material que contiene objetos extraños (cables de acero, fierros viejos, etc.). Así como dragar a profundidades mayores de 25 mts.

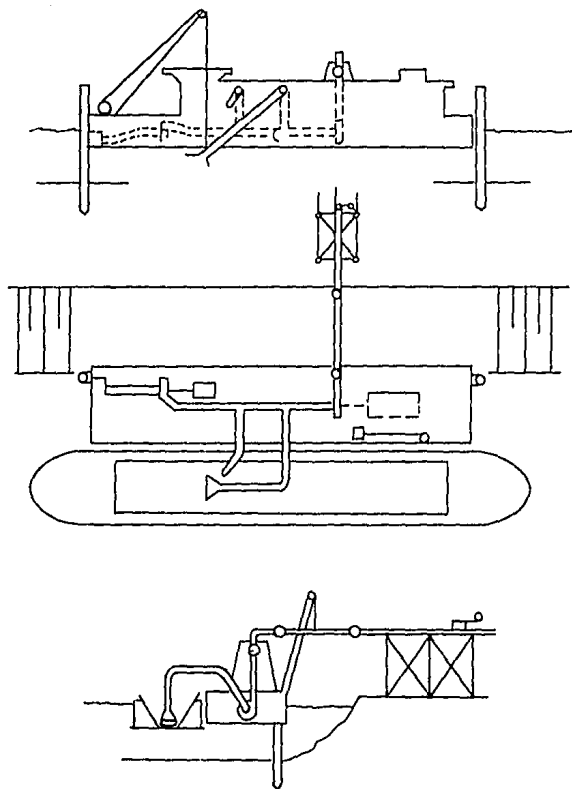
Se trata de un pontón anclado o fijado por estacas equipado con una grúa fija. El material es cargado en lanchones que atracan a lo largo de los costados del pontón.

Generalmente, dentro de los puertos son utilizadas dragas tipo Hopper equipada con grúas y paredes porosas o con orificios. Su campo de aplicación es principalmente el mantenimiento de caledos en áreas portuarias de accesos difíciles, en donde pequeñas cantidades de material precisan ser retirados.

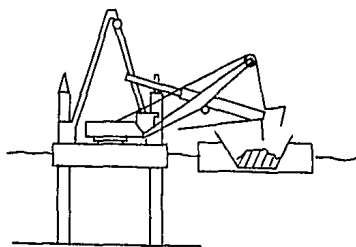
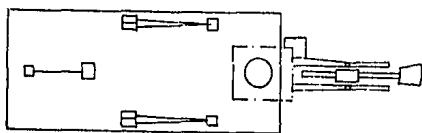
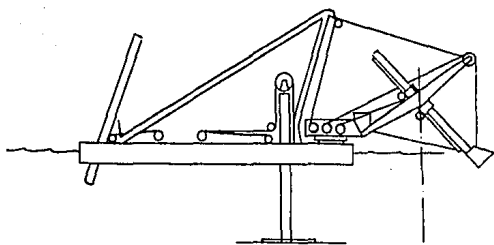
Por último, existe la draga de corte y succión con baldes rotativos en la extremidad de la lanza. Esta draga es una variante de la draga de succión y corte. Es un sistema semejante a los conocidos en la Industria Minera y que fue recientemente adaptado con éxito al desarrollo de la Industria del Dragado, donde la moderna tecnología vence dificultades anteriores, tal como la tracción de fuerza existente en los inicios de la técnica del dragado.

Para el transporte del material se utilizan diferentes medios, los más comunes son:

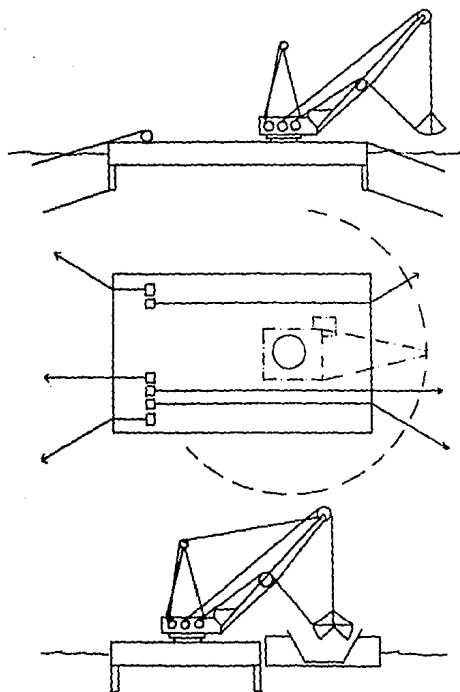
- La barcaza de descarga por puertas de fondo.
- La barcaza de descarga tipo "split" o de descarga longitudinal.



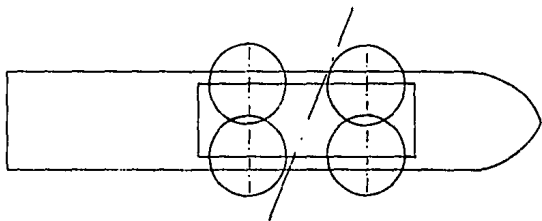
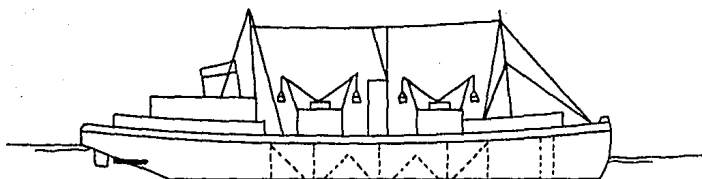
DRAGA DESCARGADORA DE BARCAZAS



DRAGA DE CUCHARON O PALA FRONTAL

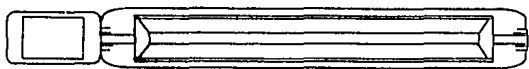


DRAGA TIPO ALMEJA CON PONTON ANCLADO

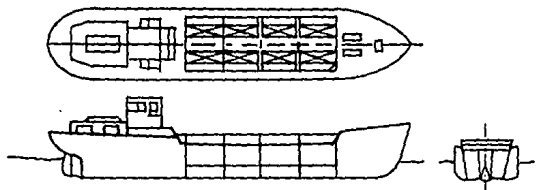


DRAGA TIPO ALMEJA AUTOPROPULSADA

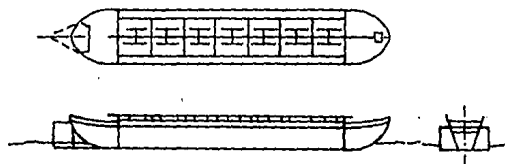
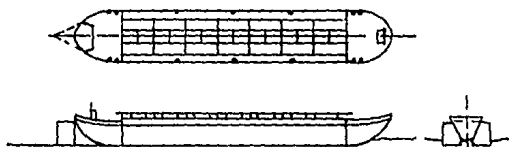
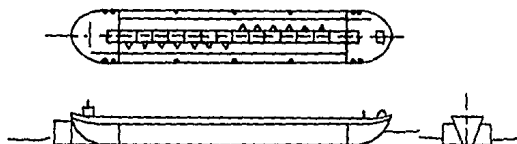




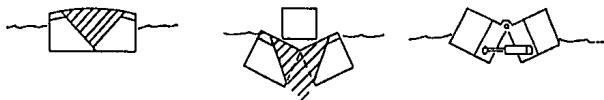
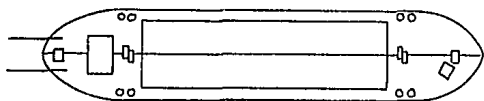
BARCAZA REMOLCADA



A U T O · P R O P U L S A D O



BARCAZAS DE DESCARGA POR EL FONDO CON PUERTAS DE FONDO



BARCAZA TIPO "SPLIT"

- Las barcazas que no son para descargar el material, y son aligeradas por dragas descargadoras de barcazas, grúas o elevadores.

Estas barcazas son ideadas para uso fluvial o marítimo pudiendo ser también autopropulsadas o conducidas por remolcadores.

**CAPITULO 4**  
**INVESTIGACION**  
**Y**  
**PERFECCIONAMIENTO.**

## 4. INVESTIGACION Y PERFECCIONAMIENTO.

### 4.1. Dragado General.

El equipo de dragado antes dicho fue utilizado, por más de medio siglo, para ejecutar obras de dragado.

Después de la Segunda Guerra Mundial viene un enorme desarrollo industrial, que provoca necesidades de nuevas áreas de implantación industrial y nuevos puertos más profundos, así como la excavación de canales de acceso en mar abierto.

La diferencia entre los trabajos actuales y los efectuados en el pasado, estriba principalmente en; mayores inversiones en juego, condiciones de trabajo más difíciles, tales como condiciones marítimas, mayores profundidades, mayores distancias de descarga y suelos más duros en las capas inferiores. Estos cambios conducen a aquello que se puede considerar como la segunda revolución técnica del dragado. Esta época es caracterizada por la utilización de métodos más científicos en el proceso del dragado. La experiencia práctica adquirida en el período antes dicho, constituye una excelente base de apoyo para el posterior desarrollo de la industria del dragado.

Antes de la Segunda Guerra Mundial los trabajos de dragado eran ejecutados por experiencias anteriores. Claramente eran hechas con un escaso conocimiento teórico de base.

Después de la guerra cada vez mayor número de técnicos, con niveles de instrucción más elevados, se fueron encargando de los Departamentos Técnicos de varias empresas. Ahora los departamentos de perfeccionamiento e investigación son creados y sostenidos por las grandes compañías de dragado. En el pasado, la mayor parte de los problemas de dragado

eran resueltos por ingenieros mecánicos, los cuales contribuían de cierta manera al perfeccionamiento.

También hoy en día son los ingenieros civiles los ocupados de los problemas hidráulicos y de mecánica de suelos, desempeñando un papel muy importante en el estudio de los procesos de dragado.

Más aún, debido al creciente aumento salarial es necesaria la automatización del equipo, siendo indispensable la participación de los técnicos en electrónica. En muchas áreas de dragado es necesaria la información básica geológica e indispensable para la evaluación de la dragabilidad del suelo, por lo que también ingenieros geólogos y de minas han sido introducidos a la moderna industria del dragado. Hoy en día el perfeccionamiento está en pleno desarrollo.

La aplicación de medios científicos tuvo como resultado un incremento y renovación de los procesos de dragado en general, al mismo tiempo establece la aplicación del conocimiento obtenido de tecnologías correlacionadas.

Tal como se ha notado, investigación y perfeccionamiento desempeñan hoy un papel muy importante en el dragado. Ahora en muchas industrias la investigación está siendo orientada a nuevos procesos, en la industria del dragado, una parte importante de ella misma está aún concentrada en el estudio del proceso actual. La explicación de este factor es la industria recientemente emergida de un proceso artesanal apoyado en la práctica que ha tenido lugar durante siglos. Una parte importante del presupuesto de investigación es destinada a investigación básica, dado que en la mayor parte de los casos es bastante difícil y se torna dispendioso un análisis completo de las operaciones del equipo a bordo.

Esta pesquisa toma lugar principalmente en modelos reducidos, donde se trata de medir

y registrar los aspectos geofísicos de varios procesos de disgregación y transporte, que pueden ser registrados y analizados en la práctica en un proceso único y común.

La investigación del dragado esta dirigida a la reducción de costos en los diferentes tipos de suelo que pueden ser dragados aumentando la producción por unidad de tiempo.

Los tres principales objetivos de la investigación son:

- Optimización del equipo existente.
- Mejoramiento de los métodos de trabajo.
- Investigación de nuevo equipo y métodos de trabajo.

En relación a la optimización del equipo, se dará especial atención a:

- Aumento de eficiencia.
- Adaptación de las embarcaciones a las dificultades y condiciones del trabajo.
- Automatización del proceso de dragado.

Es evidente que el aumento de producción fué procurado en principio con la construcción de unidades mayores. Esto tiene la desventaja de que exige mayores inversiones, causa por la cual se ha puesto mucha atención en la mejoría del equipo, en el sentido de tener mejor rendimiento sin la necesidad de aumentar las dimensiones. Muchas investigaciones estan siendo llevadas para este fin. El programa de investigación de la industria del dragado es tan extenso, que por si solo serviría de curso, por lo que aquí apenas nos referimos a los aspectos más relevantes.

#### 4.1.1. DRAGA DE BALDES.

Un asunto permanente de investigación es por ejemplo, la forma del "balde" de este



tipo de draga, el cual difiere hoy considerablemente de los modelos anteriores. El resultado de la investigación intensiva actual en modelos en que se representan las fuerzas de corte, tipo de corte y ángulo de los dientes, dio un mayor rendimiento en el relleno de los baldes y una excavación mejor, que nos llevará a un mejor rendimiento general.

Mecánicamente la investigación fue dirigida en el sentido de aumentar la velocidad de la cadena de baldes y fue conseguido un incremento del orden del 25 al 50 %. Igualmente se hicieron estudios especiales al mecanismo de acción de las dragas de baldes logrando fueran capaces de trabajar en rocas blandas y rocas duras previamente fragmentadas.

#### 4.1.2. DRAGA ESTACIONARIA DE SUCCION.

La investigación esta dirigida principalmente al aumento de la concentración de la mezcla (suelo-agua) principalmente pensando en transportarla a mayores distancias pues la eficiencia de descarga aumenta con la concentración de la mezcla. Esto será discutido más ampliamente adelante en (hidráulica aplicada al dragado.)

#### 4.1.3. CHORROS DE AGUA.

Se han hecho muchas investigaciones con el objeto de aplicar chorros de agua junto a la boca de succión, con el objeto de aumentar la concentración de la mezcla disgregando el material de su estado natural.

#### 4.1.4. BOCA DE ARRASTRE Y SUCCION.

Conjuntamente con este tema podrá ser mencionada la investigación de la boca de

arrastre y succión de las dragas del mismo nombre.

La forma de esta boca mejora considerablemente el nivel de rendimiento, paralelamente al problema del relleno de la bodega del barco.

En arenas finas el rendimiento es también influenciado, fuertemente, por la sedimentación del material en la bodega del barco y resultando pérdidas por sobrerrelleno.

Con base a las investigaciones en modelos, haciendo variar las bocas de succión y arrastre, en diferentes suelos, se obtuvieron mejoras considerables en el llenado de la draga autotransportadora. Otro resultado de estas pruebas fué que las reglas del cálculo fueron deducidas en forma tal que se puede pronosticar mejor los rendimientos. Una creación realmente reciente fue la cabeza rotativa de baldes, la cual está equipada con rueda cortadora. Esta rueda es accionada por un motor sumergido que corta sólo en el avance. Este sistema fué creado con la intención de ser usado en suelos dragables o cuando son difíciles e imposibles de dragar con otros sistemas de dragado convencionales. Sin provocar grandes fuerzas de reacción en la draga autotransportadora.

#### 4.1.5. CABEZA ROTATIVA DE BALDES.

Este componente de dragado es una variante de la draga de corte y succión. Este sistema es bien conocido en la industria minera y recientemente adaptado, con gran acierto y posibilidad de desarrollo, dentro de la industria del dragado, donde la moderna tecnología pasa hoy por grandes dificultades como la tracción de la fuerza.

#### 4.1.6. UNIDADES TRANSPORTADORAS.

Esta se considera en el mercado como "Breebox" que consiste en: un tubo transportador

con boca de succión de suelo, bomba y equipo de elevación, pudiendo ser ligada a un lanchón de almacenaje. Debido a su naturaleza existen ciertos factores limitantes de dimensión y de aplicación.

#### 4.1.7. BOMBA DE SUELOS.

Como la bomba desempeña un papel predominante en la industria del dragado, fue objeto de una profunda investigación. El objetivo era obtener alta eficiencia a costos mínimos; con un interior tan largo como fuera posible de modo de minimizar el bloqueo.

#### 4.1.8. DESGASTE.

Un asunto fundamental durante los últimos años fué el "desgaste". Se trata de un fenómeno para el cual la industria del dragado le ha dedicado muchas horas de trabajo. Consecuentemente procuramos siempre el uso de materiales de mayor resistencia al desgaste, que puedan ser mantenidos por medio de soldadura y suficientemente elásticos para resistir el impacto de piedras, conchas, etc.

El desgaste tiene lugar principalmente en los componentes mecánicos disgregadores como; cortadores, bocas de succión o arastre, etc. Una parte notable del desgaste ocurre en los tubos y bombas del sistema hidráulico de transporte. En vez de revestimiento interior de acero, en los últimos años se ha utilizado un revestimiento de caucho de alta resistencia al desgaste, porque reduce considerablemente el costo de mantenimiento de las bombas.

Cuando se tiene que bombear material muy abrasivo se utilizan cajas de bombas de acero muy duro. Es evidente que una reducción de las reparaciones debidas al desgaste

influyen favorablemente en el número de horas efectivas de trabajo y consecuentemente en la producción.

#### 4.1.9. DRAGADO EN SUELO DURO.

La mecánica de rocas desempeña aquí un papel muy importante. Variadas investigaciones fueron aplicadas a los tipos de suelo más duros, con respecto al pre-tratamiento a través de perforación y detonación. En esta última es muy importante, tener en cuenta, la fragmentación y el relleno, los cuales, pueden ser previstos y calculados con el propósito de conocer el material susceptible de ser dragado. Por otro lado la explosión en sí no deberá causar daños en las proximidades. El ciclo de perforación, detonación y dragado consiste en tres actividades alternativas, completamente diferentes requiriendo de diversos tipos de equipo flotante, lanchón de perforación con una plataforma autoelevadora y una draga. Es evidente que este sistema es caro, tanto más cuando más dispositivos de seguridad sean necesarios.

Consecuentemente otros métodos alternativos también han sido desarrollados o probados a fin de mejorar la dragabilidad de suelos duros.

Generalidades desarrolladas en el dragado de suelos duros.

1.- MECANICO: Quebrando la capa superficial de suelo a través de impacto de peso o por fuerza cortante de vibración. Mejoras notables en la efectividad del cortante y en altas resistencias de suelos duros han sido alcanzadas con los dientes de corte.

2.- QUIMICO: A través de una capa superficial con explosivos, usando las llamadas cargas de forma colocadas en una determinada formación de fondo.

El sistema es menos eficiente que el de perforación y detonación, pero menos

dispendioso en trabajos pequeños considerando los costos de movilización. Otra ventaja que presenta este tipo de explosivo mezclado con otros productos químicos no explosivos en la misma carga es que puede ser transportado y almacenado sin peligro. No obstante las disposiciones legales en cada país pueden no semejantes.

#### 4.1.10. EXTRAPOLACION DE ESCALA.

Dos tipos de equipo deberán ser mencionados en forma de ilustrar bien la extrapolación de escalas. La draga de succión y corte y la draga tipo Hopper de succión y arrastre autopropulsada.

La draga de succión y corte originalmente usada en los Estados Unidos de America, después de la Segunda Guerra Mundial y también reconocida en Europa, fué cada vez más necesaria en las obras de dragado.

El crecimiento desde 1950 de la suma de H.P. instalados en el cortador y en la bomba, como término de comparación, muestra un significativo aumento de potencia en las dragas europeas de este tipo, desde unidades de relativa baja potencia hasta dragas con más de 10,000 H.P. instalados.

En los Estados Unidos de America estas dragas siempre fueron equipadas con un número mayor de H.P. que las europeas, hoy en día las dragas americanas y las europeas están semejantemente equipadas en H.P.

También el crecimiento de la flota de dragas Hopper de succión y arrastre autopropulsadas ha sido notable, no solo en capacidades de bodega sino en número de embarcaciones.

Cual es el motivo de aplicación de este tipo de dragas, en esta escala, durante los

últimos 15 a 20 años?

Por la expansión de los puertos a lo largo de los ríos y el aumento de las dimensiones de los canales de acceso, en consecuencia al movimiento de los grandes petroleros, surgió la necesidad de dragas marítimas autopropulsadas capaces de dragar en aguas relativamente agitadas y en los canales de navegación intensa donde las dragas convencionales presentan siempre obstáculos serios al tráfico debido a la tubería de descarga del material.

El material dragado sedimentado en la bodega del barco podría ser depositado en el mar en otro lado o frente a una draga repulsadora a distancia, y en algunos casos la propia draga auto-transportadora también es capaz de bombear el material a tierra.

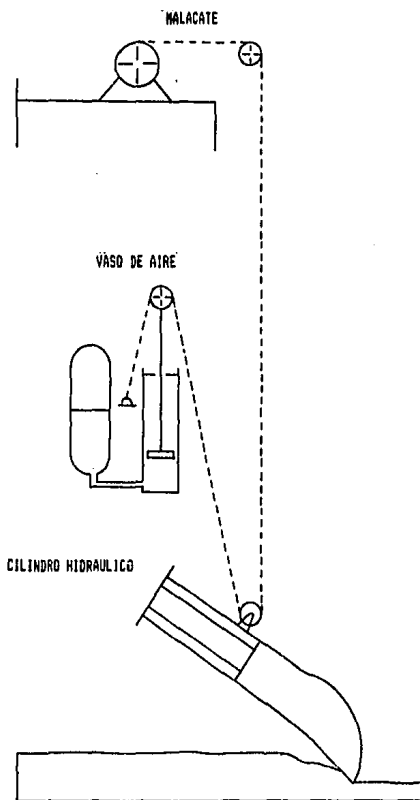
Las enormes cantidades de sedimentos dragados en los canales de acceso a los puertos petrolíferos, estimulan la construcción de super dragas auto-transportadoras con más de 10,000 metros cúbicos de capacidad de almacenaje.

#### 4.1.11. OPTIMIZACION.

Como el objetivo es adquirir la máxima rentabilidad del capital invertido, en este tipo de equipo, se tomaron ciertas providencias, en tal forma que fuese posible hacer trabajar a estas dragas en condiciones más difíciles, tales como mar agitado o neblina.

Es bien conocido el reder, el más útil instrumento de navegación. De igual manera, para las dragas auto-transportadoras hay un aumento de la trabajabilidad sobre neblina, cuando se puede adquirir ese instrumento como un aparato auxiliar.

Contra la agitación del mar era necesario volver la draga auto-transportadora lo más independiente posible. Especialmente el tubo de succión con boca de arrastre debiera correr por el fondo lo más permanentemente posible. Así también, debe evitarse el levantamiento



BOCA DE SUCCION CON COMPENSADOR DE ONDULACIONES

de la boca, en trabajo, siempre que el navío este en movimiento, lo que podría causar el rompimiento de los cables de suspensión y consecuentemente la pérdida del tubo de succión.

Esto es evitado por la aplicación del llamado compensador de ondulaciones, lo que hace posible mantener una tensión constante en los cabos de suspensión. Este compensador también puede ser aplicado a las dragas de succión y repulsión para trabajar en mar abierto. Para este fin el tubo de succión esta compuesto por dos o tres partes ligadas por mangueras flexibles. La construcción rígida convencional de este tubo de succión sería demasiado vulnerable en estas condiciones de mar agitado, igualmente para las dragas de corte y succión se ha intentado incrementar su trabajabilidad en mar abierto.

Trabajando con lo llamado "Arvove de Natal" (árbol de Navidad).

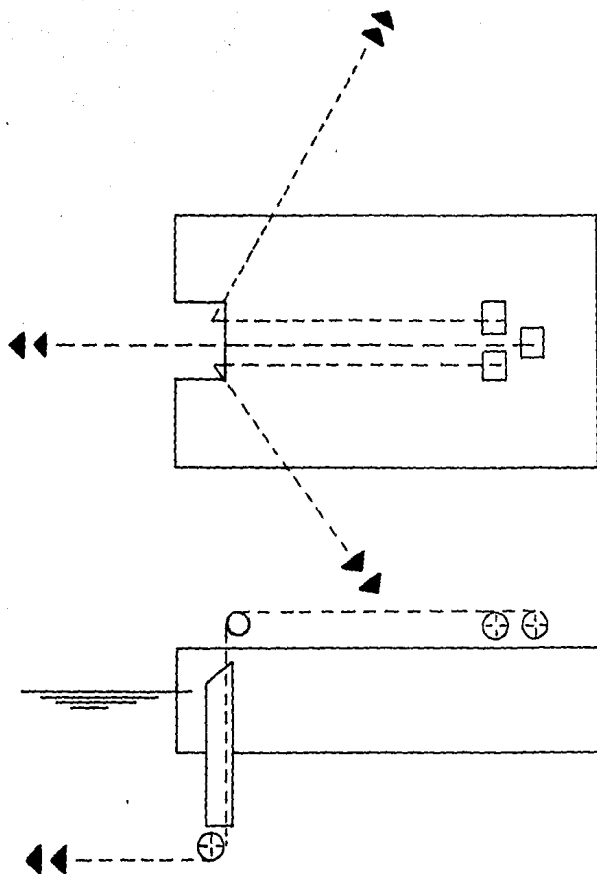
En este sistema las estacas son substituidas por tres anclas ligadas a cabos fijados a la popa de la draga. De este modo la draga puede trabajar en ondulaciones de aproximadamente 1.5 mts. mientras que equipada con estacas apenas puede trabajar con ondulaciones de 0.75mts.

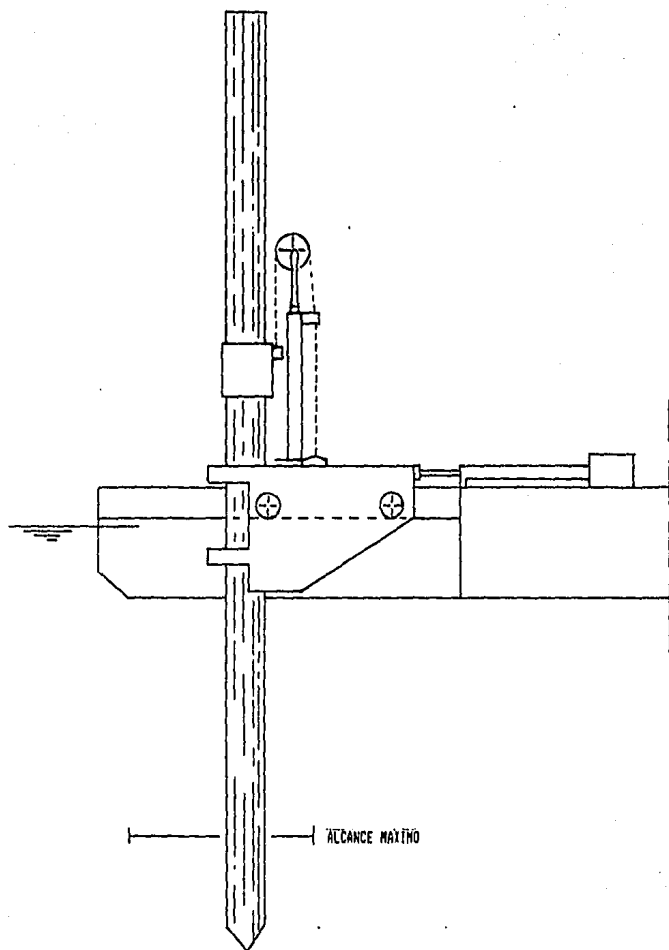
Trabajar con suelos más duros se hace posible con un aumento de potencia instalada en el cortador. De aquí se genera la necesidad de instalar un sistema de porte y fijación más sofisticado que resulte de la aplicación de un pilón de movimiento horizontal (spud carriage) y un pilón articulado en la base (tilting spud).

Esto permite la ejecución de cortes más concéntricos, en cuanto que también en arenas muy sueltas las maniobras de retroceso son más fáciles de ejecutar.

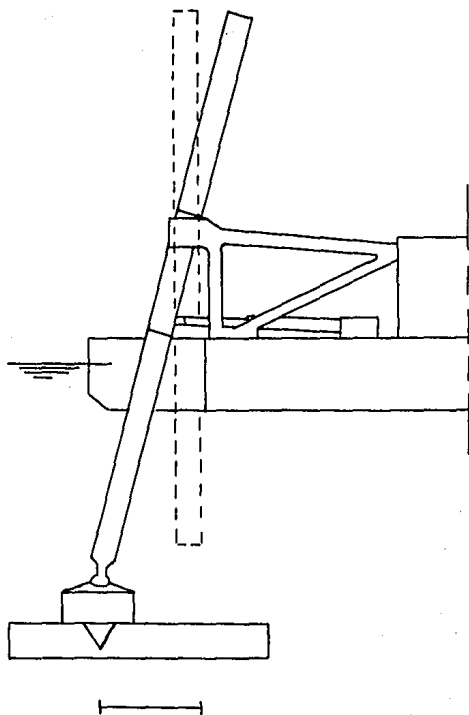
Como tratamiento científico del proceso de dragado, surgió la necesidad de medir permanentemente las cantidades de las diferentes fases del proceso y registrarlas por







ESTACA DE MOVIMIENTO HORIZONTAL



ESTACA ARTICULADA EN LA BASE

medio de aparatos de registro. Esto condujo al desarrollo de departamentos de instrumentación de varias organizaciones industriales, las cuales estaban inicialmente ocupadas con la adaptación de los aparatos sofisticados del equipo de dragado sujeto a las más duras condiciones de trabajo. El mecanismo automático simplifica la tarea del operador y muchas veces reacciona más rápidamente a las variaciones del proceso. Generalmente podemos mantener una mayor eficiencia continua y contrariamente a la acción del hombre que solo consigue mantener su concentración por corto tiempo, con el cansancio natural.

Aunque la instrumentación y automatización de las dragas serán tratadas separadamente, merecen nuestra atención dos aplicaciones de la automatización.

La primera, el control automático de la boca de succión y arrastre o control automático del malacate de la boca de una draga auto-transportadora. El análisis de las actividades del capitán de una draga auto-transportadora es el darle especial atención al control de la posición del compensador de ondulaciones en la operación del malacate de la boca de succión, así como regular el compensador permanente de la posición central por lo que el regulador operará exhaustivamente a compensar los movimientos de la boca de succión causados por las irregularidades del fondo y por el movimiento del navío. Para suprimir esta responsabilidad del operador, fué creado el mecanismo automático, el cual desenvuelve esta actividad, de ahí que el operador pueda dirigir toda su concentración para la máxima eficiencia en el proceso de producción.

La segunda, en el avanzado proceso del control automático del dragado y en particular el control automático del cortador, debe hacerse mención que la función del operador sea apenas de verificación, pues los cortes son ejecutados y dirigidos electrónicamente. El

mecanismo automático hace posible la regulación de todos los factores integrados en el proceso de corte para conseguir la máxima producción de régimen continuo.

#### DATOS DE TABULACION.

- Vacío.
- Cantidades de la mezcla.

#### INTERVENCION DEL DRAGADOR

#### AMPERIMETRO DE CARGA.

- Cortador.
- Malacate de amplitud BB.
- Malacate de amplitud EB.

#### INDICADORES DE POSICION.

- Giro compás.
- Válvula de compensación de vacío.
- Controlador del malacate de BB.
- Controlador del malacate de EB.

#### SEÑALES DE OPERACION.

- B.B.
- E.B.
- Paro.
- Conectado.

controlador del  
malacate de B.B.

controlador del  
malacate de E.B.

válvula.  
entrada.  
succión.

Para este fin los malacates del movimiento lateral son conducidos automáticamente,

por lo que el vacío a la entrada de la bomba permanece en el máximo, ocurriendo los siguientes fenómenos:

- Sobre carga del motor del cortador.
- Bloqueo de la tubería de repulsión.
- Trabajo en vano de la bomba, debido a vacío elevado.
- Sobredragado.

La aplicación de este mecanismo automático conjuntamente con el computador de comando de los ángulos de rotación y de profundidad de dragado, hace posible tener una draga de succión y corte, ejecutando casi todas las operaciones de aquellas completamente automáticas.

#### 4.2. METODOS DE TRABAJO.

Así como la mejora del equipo, un punto importante de la investigación son los métodos de trabajo, su eficiencia y optimización.

Como ejemplo citaremos:

- Transporte de arena a grandes distancias.
- Dragado a grandes profundidades.

El transporte de arena a grandes distancias exige consumos considerables de energía, toda esta energía no podría estar solamente aplicada al aparato de repulsión (draga), pues los procesos de descarga se volverían incosteables.

Este factor puede ser superado a través de colocación de estaciones de bombeo intermedias a distancias regulares. La distancia a la cual la mezcla puede ser bombeada, de

este modo es casi ilimitada, sin embargo en la práctica la vulnerabilidad del sistema aumenta con el número de componentes (boosters) y cuanto mayor es la compresión de la línea de descarga, mayor es el volumen de mezcla, desde el punto de succión sumergido al punto de descarga en el relleno que esté en movimiento y requiere mayor energía.

Cuando el tubo de succión o la bomba quedan bloqueados, es frecuente el golpe de ariete en la línea de repulsión, fenómeno que es evitado en el transporte a grandes distancias utilizando sistemas separados de succión y repulsión.

Para aislar los sistemas de succión y repulsión se utiliza una tolva abierta, en la cual se deposita la mezcla de arena y agua dragado. De aquí la mezcla es retirada y rebombada para el lugar de relleno, por medio de bombas de repulsión.

En caso de cualquier ruptura del proceso de succión, el sistema de repulsión podrá continuar normalmente debido a la reserva de material existente en la tolva. Una ventaja adicional de este tipo de trabajo, es que adicionando o retirando agua a la tolva podemos regular libremente la concentración de la mezcla a descargar.

Este factor es de importancia primordial para la eficiencia de la repulsión, en la medida en que esa eficiencia es función principal de la concentración de la mezcla. En general es por eso que cuando la concentración aumenta para una velocidad constante en la tubería, la resistencia al excavamiento disminuye cuando la velocidad es reducida.

En el cálculo aparece que la potencia necesaria para el transporte expresada en H.P./M<sup>3</sup> de arena por unidad de distancia, esta potencia es mínima cuando opera con velocidades mínimas y con una concentración máxima de arena en la mezcla. En otras palabras esto es evidente y significa que un mínimo posible de agua es bombeada a través de la tubería e implica que es importante hallar en que mínima velocidad y máxima

concentración se puede trabajar con seguridad, sin bloquear el sistema, con posibilidades de controlar el proceso.

#### 4.2.1. DRAGADO EN AGUAS PROFUNDAS.

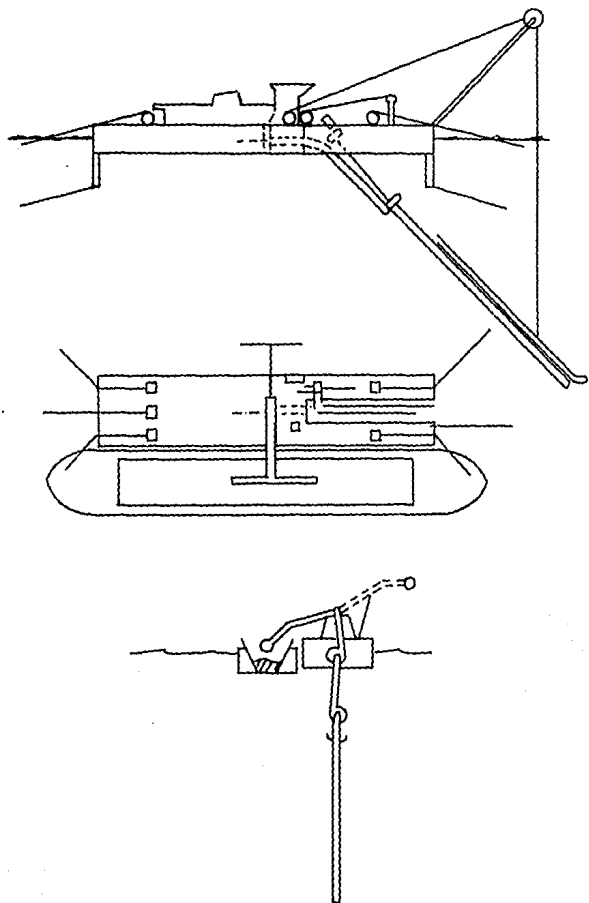
Para dragar en mayores profundidades existen varios métodos que permiten aumentar el rendimiento de la draga convencional de este tipo. Entre ellos se cita la instalación de una bomba próxima a la línea de agua.

Esta necesidad de dragar a mayores profundidades (60 mts.) se manifiesta principalmente en problemas ligados a la extracción de arena en lagos y también en zonas de grandes amplitudes de marea. Otro método de mejorar el rendimiento, es la aplicación de la bomba de Ventury o de chorro, también llamada bomba de refuerzo de succión.

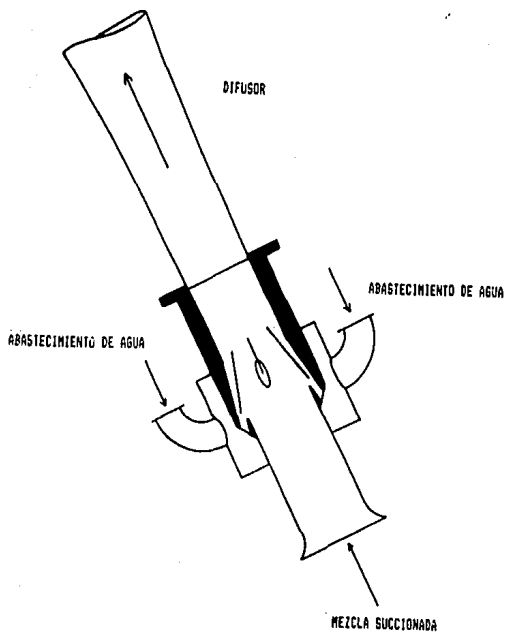
En las dragas convencionales en las que la bomba se encuentra instalada en la zona de la línea del agua, la concentración disminuye en relación directa a la profundidad de aspiración. Esta bomba de refuerzo es colocada en el interior del tubo de succión junto a la boca de aspiración, cuyo funcionamiento está basado en el chorro de agua ascendente a alta presión. La gran velocidad del agua en el difusor provoca una ruptura en el proceso estático, fenómeno idéntico a la creación de vacío de una bomba centrífuga. Debido a esta ruptura de presión la mezcla de agua y arena será succionada al interior del propio tubo de succión, con mucho más eficiencia de la que puede la bomba centrífuga.

Otra solución, más eficiente pero más costosa, en lo que respecta a los costos de instalación es la aplicación de la bomba sumergida, también a grandes profundidades. Esta solución presente muchos problemas de orden técnico, como por ejemplo la transmisión de energía y las cargas elevadas a la lanza. No obstante la aplicación de la bomba sumergida se





DRAGA ESTACIONARIA DE SUCCION



BOMBA DE CHORRO DE AGUA

vuelve común en los últimos años y su funcionamiento básicamente nos da mayores diferencias de presión entre la boca de espiración y la bomba, lo que nos lleva a mayores concentraciones de la mezcla.

La profundidad a la que se debe colocar la bomba sumergida, depende de la altura total de succión (del fondo a la superficie libre) y varía en razón directa de ésta.

#### 4.2.2. CREACION DE NUEVO EQUIPO Y NUEVOS METODOS DE TRABAJO.

De la experiencia obtenida de la Compañía Bos Kalis, las dragas auto-transportadoras inicialmente concebidas para trabajo marítimo, crearon una draga auto-transportadora fluvial (nivel trailer) para no obstruir el tráfico fluvial, ya que las dragas estacionarias si causaban problemas al tránsito de la navegación.

En su concepción principal se asemeja de, modo general, a las dragas auto transportadoras existentes, pero su construcción es bien diferente. Las embarcaciones convencionales estaban todas equipadas con puertas de fondo, en tanto esta draga auto-transportadora fluvial esta equipada con un sistema "split" (apertura en dos mitades longitudinales), factor que permite una menor altura de agua al descargar el material, ya que con puertas de fondo se hace necesaria una altura de agua extra.

A pesar de todo esto, el material puede ser lanzado con la embarcación en el fondo, puesto que la hendidura entre las dos mitades, del sistema split, es todavía suficiente para que pueda moverse.

Otro tipo de equipo recientemente desarrollado, son las dragas de captación de inertes en mar abierto, con selección a bordo, con instalación especial de descarga en muelle.

La draga "Deepstone" (piedra profunda) con instalación de tamizado puede seleccionar

el material durante la carga. Cuya instalación propia de descarga consiste en una grúa de tipo pórtico con dos grúas que colocan el material en una tolva de donde es descargado por medio de bandas transportadoras.

Como primer ejemplo del desarrollo de nuevos procesos de trabajo podemos mencionar:

En los últimos años, el problema de contaminación de los mares, debido al derramamiento de petróleo, ha sido principal motivo de preocupación. La industria holandesa de dragados ha creado un navío con posibilidades simultaneas de recuperación de petróleo y dragado de arrastre y succión, de tal forma que pueda satisfacer también las exigencias de mantenimiento del canal de acceso al puerto.

Otra combinación de operaciones para el mismo navío es por ejemplo la draga de arrastre y succión con posibilidad de combatir incendios. Es evidente que cualquier tipo de combinaciones de este género nos llevará a mayores inversiones, por los costos de operación más elevados.

Es interesante notar que no solamente las nuevas tecnologías estan siendo desarrolladas, sino también algunos métodos viejos de dragado estan siendo usados nuevamente. El dragado por agitación del material fino depositado es bien ilustrativo al respecto, introduciendo el molino de todo o la hélice de barco. Por su aplicación son métodos de trabajo económicos.

#### 4.2.3. MEJORA DE LA CALIDAD DEL MATERIAL (Suelo y Mezcla)

Los cuatro tipos para mejorar la calidad del material, basandonos en la clasificación de los mismos son: (excepto el cuarto)

- Separación Granulométrica.
- Desarenación.
- Desalinización.
- Desgasificación.

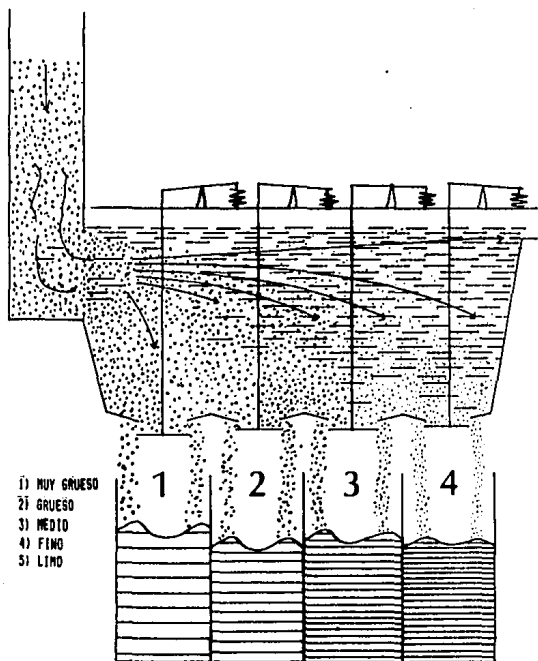
#### SEPARACION GRANULOMETRICA:

La graduación del material puede ser ejecutada mecánica o hidráulicamente.

El método mecánico es aplicado a la industria de agregados y principalmente empleado para material de granulometría mas elevada. La desventaja de la graduación mecánica, es el gran desgaste del propio método. Para el material más fino la graduación mecánica exige una gran superficie de tamizado, ya que de otro modo sería casi imposible graduar estos materiales finos. En este caso el sistema de graduación, debere ser hidráulico. La graduación hidráulica esta basada en las diferentes velocidades de sedimentación de los granos.

En muchos casos el material es lanzado por un flujo horizontal y los granos se van acomodando de acuerdo a su peso relativo: Primero los más gruesos siguiendolos los mas finos, segun la ley de Stokes. Ante las exigencias de mayor calidad, ha sido necesario sustituir este sistema de graduación por un sistema basado en el flujo vertical. En general podemos decir que el proceso de graduación se volvio más preciso cuando se paso del flujo horizontal al flujo vertical y este tipo de clasificación de material se efetúa ya en muchos lugares.

En la construcción ferroviaria es cada vez menor la utilización de material semitratado en la ejecución de los terraplenes. Por esta razón muchas veces el material



INSTALACION HIDRAULICA DE SEPARACION DE ARENA

extraído es menos apropiado y no alcanza los límites mínimos, a pesar de la eliminación de los componentes finos como lodos o sales.

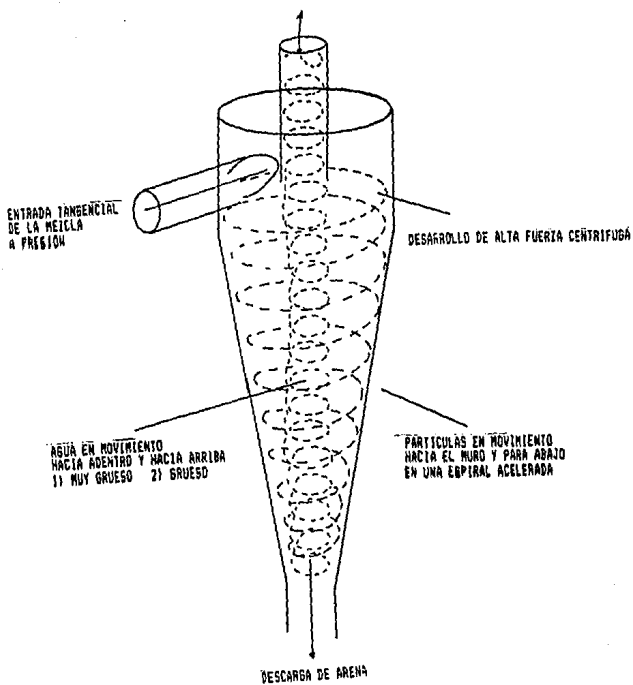
Sin este pre-tratamiento la permeabilidad se vuelve tan baja que no permite el drenaje del terraplen. Debido a estas circunstancias, fué creada por la compañía Bos Kallis una instalación desarenadora con lo cual es económicamente posible la graduación de material con ritmo de producción a escala industrial.

La mezcla de arena y agua, proveniente de una draga de succión es vertida en un recipiente circular de grandes dimensiones, al fondo del recipiente es inyectada agua limpia. Esto provoca un flujo ascendente en sentido contrario a las partículas del suelo. Para la regulación de la cantidad de agua limpia se puede ajustar la velocidad del flujo en sentido contrario, para arrastrar las partículas de material sedimentario (granos mas finos que la arena) en cuanto que los granos de arena son suficientemente pesados para que se depositen en el fondo a medida que los finos se van acumulando en la parte superior del recipiente. De aquí es retirada la arena limpia a través de una boca de succión con chorro, especialmente concebida para ese fin.

Debe ser también mencionado como un método extremo de graduación el proceso de desalinización.

Con las fuentes convencionales de extracción de arena en Holanda, no sería posible satisfacer las exigencias futuras. De ahí que las autoridades intentaran la alternativa de utilizar arenas marítimas, y dado que en la gran mayoría de las aguas Holandesas el contenido de sal provoca dificultades en la agricultura y en la cría de ganado, surgió entonces una imposición estatal de desalinización de las arenas extraídas del mar.

Después de muchas investigaciones y experiencias, fué creado el proceso de



H I D R O C I C L O



desalinización que puede dar una producción por hora de 1500 a 2000 m<sup>3</sup> de arena desalinizada y haciendo económicamente posible sustituir enteramente el agua salada por agua dulce. El equipo de desalinización consiste en doce cisternas de forma funicular montadas sobre trece estructuras de tipo arco, a su vez soportadas por dos pontones formando un "catamaran".

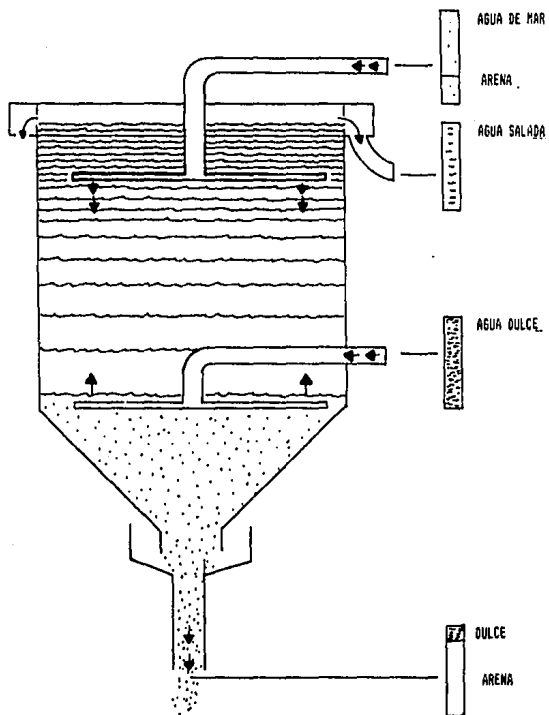
El equipo es completamente autónomo, el espacio entre los pontones facilita la entrada de una embarcación para cargar y transportar la arena desalinizada. Una construcción especial en la tubería del circuito principal de la instalación de desalinización distribuye la mezcla sobre los doce embudos. En la parte superior de cada embudo está fijado un dispersor, por el cual la arena es distribuida uniformemente sobre la superficie interna del mismo embudo.

De hecho la desalinización es efectuada por medio del llamado "Principio de Contra Corriente". Para el abastecimiento de una pequeña cantidad de agua dulce es posible formar una salida de toda el agua salada junto con el agua de lavado por la parte superior del embudo. El agua del lavado entra en el embudo a través de una tubería fijada a media altura. Por esta razón, pequeñas bombas de presión fueron instaladas separadamente capaces de bombear agua dulce a la tubería principal a través de los tubos instalados a media altura.

Estas doce pequeñas bombas son movidas por motores eléctricos sincronizados.

Por el cambio de velocidad del generador principal, la velocidad de las pequeñas bombas y su rendimiento puede ser regulado.

Separadamente del flujo ascendente de agua dulce, una parte de esta misma agua es también necesaria para rellenar los poros de la cama de arena depositada en el fondo del



PROCESO DE DESALINIZACION

embudo. Este coma de arena está formada por la sedimentación de las partículas en suspensión. La velocidad de sedimentación depende de las dimensiones de las partículas, de la concentración de las mismas dentro del embudo, de la temperatura del agua y del caudal de agua dulce. La arena depositada es continuamente drenada por el fondo del embudo.

Esta arena drenada, contiene una pequeña cantidad de agua, en comparación con el volumen normal existente en los poros de la misma cámara de arena, de forma que esta posee un cierto grado de fluidez que facilita su retiro. Durante las investigaciones se constató que con una pequeña cantidad de agua dulce era suficiente para este proceso ( un metro cúbico de agua dulce por un metro cúbico de arena drenada, a menos que presenten otras condiciones).

#### DESGASIFICACION:

Se pretende con la desgasificación una mejor dragabilidad del material, la cual se ve adversamente afectada por la existencia de gas en la mezcla agua/material sedimentario (partículas más finas que la arena) proveniente de la descomposición de la materia orgánica existente en la misma.

La presencia de gas causa el rompimiento de presión en el interior de la bomba de succión, hecho que ocurre con un mínimo del cuatro por ciento de gases en la mezcla. El efecto es que el rompimiento de vacío provoca disminución de la velocidad de la mezcla en el tubo, forzando al operador a levantar la boca de succión del fondo, resultando un menor porcentaje de material sólido en la mezcla y por lo tanto una menor producción.

La eliminación de este efecto negativo causado por la existencia de gases en la mezcla ha sido motivo de mucho tiempo de estudio, principalmente en los Estados Unidos de América.

Los mejores resultados se obtienen retirando el gas hacia afuera de la tubería, justamente enfrente de la bomba de succión en donde el vacío llega al valor más elevado. Varios sistemas fueron creados, y dado que los porcentajes de gas en la mezcla son variables, es necesario, también, sistemas de regulación para corregir eficientemente esta variación.

Una nueva creación específica es la construcción de diques de arena en el mar. Es común construir diques de grandes dimensiones para resistir las condiciones de aguas profundas en mar abierto, con el fin de proteger o crear una área de relleno en el mar.

Posteriormente muchas veces, grandes áreas de algunos de estos diques son cubiertos de arena por la propia acción del mar hasta que el equilibrio final de la línea de costa es alcanzado. El costo elevado de estas áreas podría ser evitado usando desde el inicio material mucho menos caro, como pura arena.

Por la acción simultánea de las mareas y de las ondulaciones, las pérdidas de arena pueden ser previstas. Estas pérdidas son tanto mayores cuanto mayor es la extensión de los diques en el mar, a pesar de que pueden haber sido estimadas anteriormente, puesto que las corrientes y las ondulaciones tienen solamente una capacidad de transporte limitada.

El proceso de relleno de estos diques en el mar será por lo tanto función de la capacidad de las dragas por un lado, y la influencia creciente de las corrientes por el otro. Además de esto, el máximo tamaño de los diques estará limitado por el crecimiento continuo de la corriente y por la capacidad máxima de un número limitado de dragas a ser usadas en la práctica.

A pesar de los límites técnicos deberá tomarse también un límite económico. En Holanda se alcanzó un tamaño aproximado de 5 km. Esta concepción novedosa provocó que la construcción de diques de arena en el mar podría contribuir para la construcción de

rellenos en mar abierto. Recientemente se ha dado una gran atención a la construcción de grandes barras en rellenos hidráulicos en lugar de los convencionales rellenos mecánicos en seco.

El método hidráulico fué un suceso aplicado en Rusia y en Los Estados Unidos de América en las grandes barras de aprovechamiento hidroeléctrico y de irrigación. Habiendo en las proximidades material disponible y en condiciones de aplicación, existen entonces alternativas bastante económicas y mucho más rápidas de ejecución de estas barras. Y para impedir la impermeabilización del núcleo de estas mismas, deberá también ser seguido un método de trabajo específico.

Otro ejemplo de la creación de nuevos métodos de trabajo, es la extracción de arena que se encuentra debajo de camas de arcilla o fango. El método convencional de extracción de arena en estas circunstancias consiste en la remoción de las camas superiores de arcilla o fango de modo de permitir el acceso a la arena para ser dragada. Este nuevo método de trabajo atraviesa las camas de cobertura, creando un orificio por chorro de agua de tal forma que permita la entrada del tubo de succión.

#### Extracción de arena debajo de una cama cohesiva:

Luego que la boca de succión haya penetrado en el manto de arena se podrá iniciar la extracción. Además de esto la boca de succión descenderá a la máxima profundidad de extracción tan rápido como sea posible.

Para una extracción continua existen dos métodos de trabajo. Si la existencia de arena es ilimitada hasta grandes profundidades, el máximo volumen de arena posible será extraído en cada punto, y así sucesivamente para una serie de lugares puntuales en que el proceso se repetirá dejando finalmente una serie de orificios (aberturas). De esta manera

sólo una parte limitada de arena de cada lugar de extracción será usada. En el caso de ser necesario extraer una mayor cantidad de arena, se aplica el método de creación de zanjas. Para conseguir avanzar será necesario cortar las camas de arcilla o fango.

Para alcanzar este fin la parte frontal del tubo de succión, este equipado con chorros de agua de alta presión, montados en forma de cuchillo (cortapapeles); el chorro corta las camas superiores creando un corte, en el cual el avance del tubo de succión se facilita y puede así dragar una zanja continua sobre las distintas camas de cobertura. Ambos métodos ya fueron utilizados en Holanda.

#### 4.3. METODOS DE DRAGADO, ALTERNATIVAS Y TENDENCIAS ACTUALES.

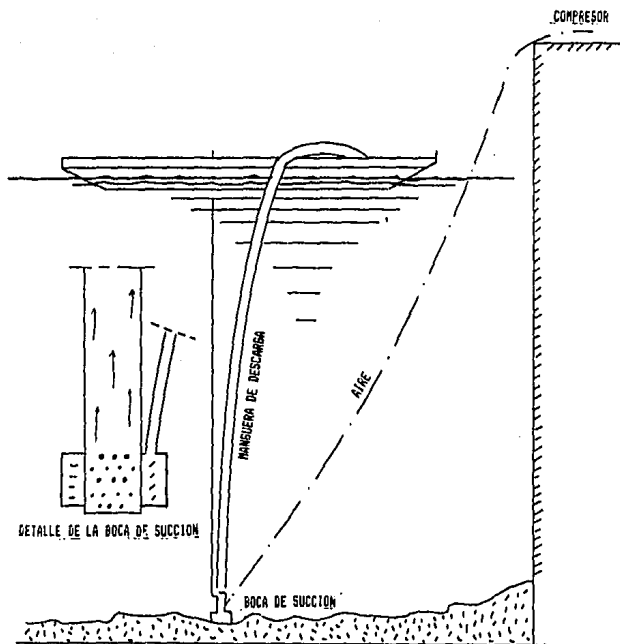
Así como iniciamos este estudio con los orígenes del equipo de dragado, teniendo en cuenta la ancestral draga manual, debemos terminar esta misma parte tratando de identificar algunas de las tendencias actuales y proyectarlas para el futuro.

Como el futuro del equipo de dragado es tan complejo y esta más dirigido hacia la comercialización del equipo, que hacia la tecnología del dragado; veremos algunos utensilios de dragado no convencionales, con el objeto de completar este panorama, en los cuales se presenta un prototipo ya creado.

#### SISTEMAS DE DRAGADO ALTERNATIVOS.

##### 4.3.1. ELEVADOR DE AIRE COMPRIMIDO.

La succión es efectuada por medio de aire comprimido, con lanzamiento de aire a través de un anillo perforado con pequeños orificios situado junto a la boca del tubo de succión.



ELEVADOR DE AIRE COMPRIMIDO

La expansión de las bolsas de aire crea una diferencia de presión entre la mezcla en la boca de succión y el agua circundante. Y esto se traduce en una diferencia de presión la cual aumenta con la profundidad de la boca de succión en el agua. La depresión creada en la boca de succión transporta en el sentido ascendente la mezcla de agua y suelo juntamente con otros materiales, en caso de que existen, normalmente piedras u objetos metálicos de dimensiones suficientemente pequeñas para que puedan pasar a través de la boca de succión.

Los buzos por ejemplo, utilizan este método cuando inspeccionan navíos naufragados por lo cual la mezcla es descargada en un silo (cisterna) con tamiz (criba).

Ellos maniobran la boca de succión de acero, el resto de la succión es efectuada a través de una manguera de plástico ligada al navío de salvamento. Como los objetos transportados no pasan por las rotativas, llegan a la superficie en el mismo estado en que estaban en el fondo.

#### 4.3.2. BOMBA NEUMÁTICA "PNEUMA".

La principal característica del sistema "Pneuma" difiere del sistema de una bomba de succión normal porque utiliza aire comprimido dentro de cilindros especiales, bastante semejante al sistema de la bomba de pistón.

El cuerpo de la bomba está constituido por tres cilindros sin ningún mecanismo de rotación interna en contacto con la mezcla a ser bombeada. Y solamente las válvulas de entrada y salida (de caucho o goma), que tienen un movimiento bastante lento, de aproximadamente tres ciclos por minuto son las que están en contacto con la mezcla.

Cada cilindro es llenado con mezcla de agua y suelo compensando la diferencia de



presión hidrostática, a medida que cada cilindro es llenado el aire comprimido proveído por el compresor a través de un distribuidor de aire de manguera, actúa como un pistón en el que la mezcla es forzada a seguir un único camino por conducto de una válvula de descarga de efectos simples.

Cuando el cilindro esté casi vacío el distribuidor descarga el aire comprimido; la presión interna del cilindro es liberada y una vez más el cilindro se llena de mezcla de agua y suelo para recomenzar el ciclo.

Para conseguir un reflujo uniforme, el distribuidor actúa alternativamente en los tres cilindros con una frecuencia media de 1 a 3 ciclos por minuto.

#### 4.3.3. BOMBAS SUMERGIBLES. (SLUDGE PUMPS).

Estas son generalmente bombas centrífugas accionadas por un motor eléctrico instalado en un compartimiento cerrado. La bomba esta colocada horizontalmente y la boca de succión situada en el propio cuerpo de la bomba, donde conjuntamente funciona un instrumento desagregador. Este aparato puede ser llevado al fondo por medio de un cabo y la descarga del material es a través de una manguera flexible hasta la superficie.

Aplicación: Los sistemas antes mencionados son utilizados para dragado de materiales no cohesivos en zonas restringidas.

#### 4.3.4. MAQUINA ZANJEADORA.

Este instrumento es utilizado para bajar tuberías sumergiendolas al fondo. Funciona con base en el principio de fluidificación de la arena, por medio de chorros de agua seguidos de evacuación del fluido, usando bombas de dragado.

El aparato está colocado sobre la tubería, y está instalado a partir de una barcaza que contiene también el equipo generador. La excavación en el lugar es debida al movimiento de ida y vuelta del equipo a lo largo de la tubería.

El equipo constituye una eficiente alternativa de dragado de zanjas, con equipo convencional antes del lanzamiento de las tuberías (teniendo en cuenta las tolerancias y asentamientos).

#### 4.3.5. MAQUINA ZANJEADORA EN MATERIAL DURO.

Esta máquina se puede operar eficientemente en suelos no cohesivos. No obstante, la búsqueda de este tipo de máquinas para operar en suelos cohesivos, como en rocas duras o rocas blandas, ha sido constante, y la Compañía Land & Marine ha creado una máquina adaptada a aquellas durezas de material que satisfaga tal búsqueda.

#### 4.3.6. BULDOZER ANFIBIO O SUBMARINO.

a) La Komatsu (Japón) produjo un bulldozer anfibia (D155w) que puede igualmente operar en seco o bajo del agua.

Un conducto de tipo periscopio permite al operador trabajar a una profundidad máxima de 7 mts. Cuando se trata de operación submarina, más profunda, es usualmente operada a distancia por radio desde tierra o desde una pequeña embarcación. Los buzos también pueden trabajar en control directo en áreas de trabajo limitadas por riesgos.

b) La Komatsu desarrolló también un prototipo de bulldozer subacuático para profundidades de hasta 60 mts. complementado con un navío de soporte y comando de superficie.

Este sistema de bulldozer totalmente sumergible consiste en un propio bulldozer, una unidad generadora, cuadro de controles, malecate, detector de posición y un barco de apoyo. El motor de inducción trifásica, substituye al motor convencional de torque. Su radio de acción es de aproximadamente 100 mts y el vehículo puede ser controlado de dos maneras:

- A través de control a distancia por medio de cable (utilizando un modelo reducido de simulación a bordo del navío de apoyo o en tierra).
- A través de operación directa.

#### 4.3.7. DRAGA SUMERGIBLE DE SUCCION.

Esta draga es una draga móvil de bombeo sobre esteros, para dragado de fondo a una profundidad de 7 mts. La draga es comandada por solamente un hombre situado dentro de una cabina de mando, moviendola para arriba y para abajo en un mástil hasta mantenerse aproximadamente a una altura de 1.5 mts encima del nivel del agua.

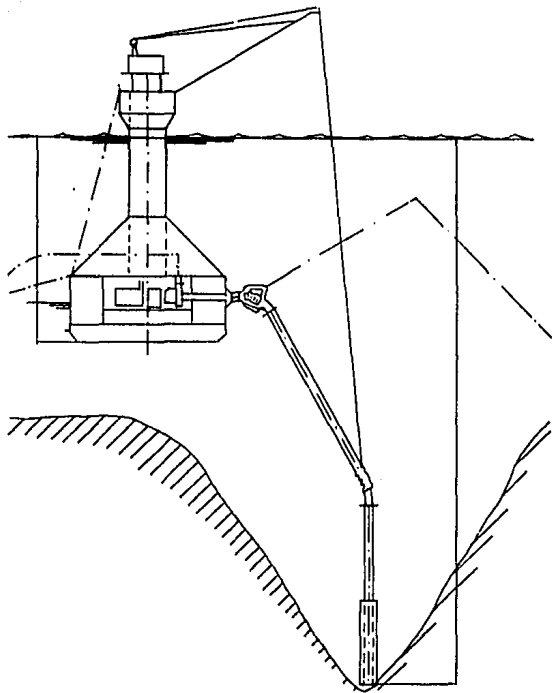
Esta draga fue proyectada por la compañía Sumitomo para trabajar en lugares inaccesibles a dragas convencionales; puede ser desmontada en grandes componentes permitiendo su transporte terrestre y montaje en el propio lugar.

#### 4.3.8. DRAGA SEMISUMERGIBLE (SSD).

La parte inferior contiene la casa de máquinas en un compartimiento para lastre fijo. Con esta instalación de lastre fijo y los tanques de lastre variable, la SSD tiene un calado de aproximadamente 4.5mts, por lo que puede atracar en cualquier puerto normal y ser remolcado a la zona de dragado.

En el lugar de trabajo; los tanques de lastre variable son llenados hasta alcanzar un

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



DRAGA SEMI-SUMERGIBLE DE SUCCION

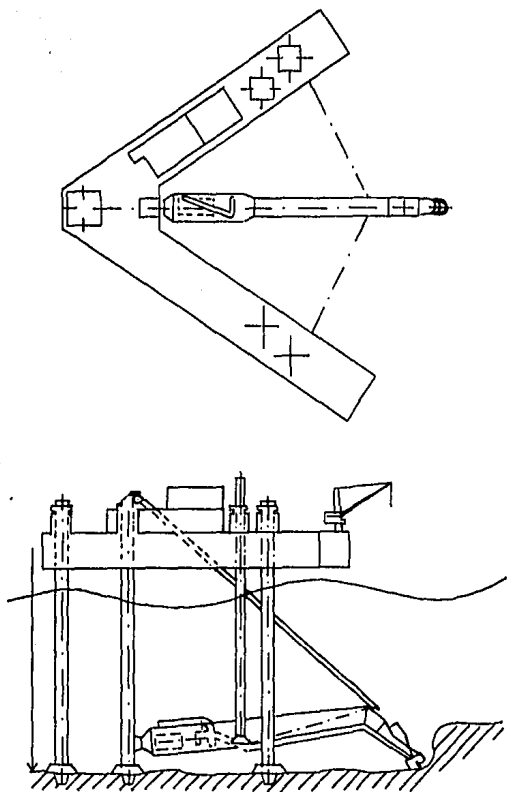
calado de aproximadamente 25 mts. En esta posición el tubo de succión es bajado para iniciar el dragado. Tanto un motor diesel como una turbina de gas pueden ser utilizados como fuente de energía. La SSD se fija con anclas. Cuando la profundidad del agua en el lugar de dragado no fuera suficiente para permitir bajar la unidad a su calado máximo, los operadores de la draga podrán dar inicio al trabajo como una unidad en condiciones de lastreado parcial. La SSD va a ser construida por la IHC Beaver en Holanda.

#### 4.3.9. PLATAFORMA MOVIL AUTO-ELEVADORA (Walking self-elevating platform).

Esta plataforma esta también siendo construida por la IHC Beaver en Holanda con el intento de ser utilizada en aguas costeras a una profundidad máxima de 30 mts., para corte de una capa de arena relativamente fina (aproximadamente 5 mts. ) .

El equipo consiste en un pontón en forma de "Y" soportado por tres piernas. La lanza del cortador esta montada lo más bajo posible, ligada a una pierna especial de dragado. Es posible mover tanto la plataforma como la lanza longitudinalmente, donde se efectuará una zanja o corte de aproximadamente 35 mts de largo. La máxima velocidad de avance durante el dragado será de 20 mts. por hora.

La plataforma es independiente de la acción de las olas y por lo tanto la eficiencia de la operación debe ser bastante alta. La arena del fondo del mar es transportada a la plataforma a través de una tubería sumergida, el porcentaje de días de trabajo efectivo de diseño será de 95 %.



PLATAFORMA MOVIL AUTO-ELEVADORA

#### 4.3.10. DRAGA DE SUCCION Y CORTE AUTO-ELEVADORA Y SUMERGIBLE DE MULTIEFECTO. (CAMELO).

Desarrollada por el grupo Volker Stevin en Holanda, fue concebida para navegar en el mar y equipada con cortador para operar bajo condiciones de ondulación agitada y poder dragar suelos duros.

#### 4.4. PARAMETROS QUE INFLUENCIAN PARA ESCOGER EL METODO DE TRABAJO Y EL EQUIPO.

- 1- Dimensiones del proyecto en volúmen y distancias de transporte.
- 2- Capacidad exigida en lo que respecta a los medios financieros disponibles y la economía del proyecto a ser realizado.
- 3- Accesibilidad del equipo en el lugar de trabajo.
- 4- La vegetación y las construcciones a ser removidas o ser conservadas en el lugar.
- 5- El tipo de suelo a ser removido o usado.
- 6- La disponibilidad y calidad de áreas o bancos de préstamo, así como también las áreas de descarga del material.
- 7- Posibilidades para la descarga de agua de regreso del relleno.
- 8- Condiciones del agua y meteorológicas.
- 9- Transporte de arena y asolvamientos.
- 10- Dimensiones: largo, ancho, altura y profundidad.
- 11- Estabilidad del trabajo ejecutado en áreas periféricas.
- 12- Tolerancias en sentido vertical y horizontal.
- 13- Distancias y posibilidades de transporte en el sentido vertical y horizontal.

- 14- Vías y posibilidades de transporte en el sentido vertical y horizontal.
- 15- Posibilidades y dificultades de anclaje
- 16- Obstrucción de la navegación.
- 17- Peligro y obstrucción del medio ambiente.
- 18- Polución del ambiente periférico
- 19- Disponibilidades del equipo.
- 20- Posibilidad y duración de la movilización del equipo.



## CAPITULO 5

### TOLERANCIAS EN EL SENTIDO VERTICAL Y HORIZONTAL.

## 5. TOLERANCIAS EN EL SENTIDO VERTICAL Y HORIZONTAL.

Existen varias razones por lo que se procura ejecutar un proyecto de dragado dentro de ciertas tolerancias.

### 5.1 DEBIDO AL VOLUMEN DRAGADO Y/O A SER PAGADO.

#### 5.1.1. EN TRABAJOS DE EXCAVACION.

- a) Tolerancia Vertical: El criterio principal es la profundidad a todo lo ancho del canal.
- b) Tolerancia horizontal: Mucho más importante para zanjas estrechas tales como zanjas de emisarios submarinos.
- c) Tolerancia de talúdes: Aquí las características del suelo, desde un punto de vista de estabilidad, desempeñan un papel importante.

#### 5.1.2. EN TRABAJOS DE RELLENO.

- a) Tolerancia Vertical: Depende bastante de los asentamientos característicos del material usado en el relleno y del subsuelo. La terminación se da normalmente con bulldozers.

b) Tolerancia horizontal y de

taludes: Los taludes deberán ser acabados mecánicamente.

5.2. DEBIDO AL CRITERIO ESTETICO Y TECNICO.

5.2.1. EN TRABAJOS DE EXCAVACION.

a) Tolerancia Horizontal:

Especialmente en zanjas estrechas y canales se ha de cumplir siempre un criterio muy rígido. En vías navegables bastante largas la tolerancia exigida es más amplia, por lo tanto permite una tolerancia más liberal para el dragado de ensenadas portuarias y canales. Junto a los taludes de los muros de retención que ahí emergen podrá ser exigido un criterio más rígido, dado que ahí existen problemas técnicos graves cuando se efectúa un sobre-dragado, como por ejemplo, junto a muros de retención vertical o muros de muelles.

b) Tolerancia Vertical:

Tolerancia de profundidad en vías navegables, con el intento de evitar reclamaciones de la navegación en relación al calado. En caso de zanjas y diques en construcción, tenemos criterios más rígidos que deberán ser cumplidos debido a los desplantes y los rellenos con arena.

c) Tolerancia en taludes:

Es bastante diferente el criterio a usar cuando se trate de un talud sumergido o un talud que se extiende por encima del nivel del agua. El criterio de tolerancia en ambos casos es de distinto orden. Con un talud sumergido los criterios de estabilidad y navegabilidad son primordiales. Con taludes que se extienden por arriba de la superficie del agua puede ser

exigida una delineación recta. En casos de gran amplitud de mareas el criterio puede volverse más difícil de cumplir, ya que los talúdes apenas podrán ser realizados con un equipo de terminación especial y adicional.

También en el caso de esos talúdes, muchas veces son cubiertos posteriormente por piedras depositadas o arrimadas, o cubiertos por una capa de asfalto. Esto provoca tolerancias muy rígidas, considerándose que la alternativa implica que la terminación será hecha con piedra o asfalto de un depósito adicional elevado.

### 5.3. TOLERANCIAS ALCANZABLES CON LOS VARIOS TIPOS DE DRAGAS PARA TRABAJOS Y OBRAS DE DRAGADO EN EXCAVACION.

Para determinar la tolerancia alcanzable con los diferentes equipos de dragado es necesario considerar un gran número de variantes, ya que es un problema bastante complejo.

#### 5.3.1. La tolerancia alcanzable depende de:

- a) El tipo y las dimensiones de las dragas.
- b) El tipo y las características del suelo (dureza, cohesión, grado de consolidación).
- c) Acción de las olas.
- d) Acción de las mareas.
- e) La profundidad de dragado en relación a la posición óptima de la lanza.
- f) La pericia de la tripulación.
- g) La instrumentación a bordo de la draga.
- h) El método de posicionamiento.

- i) La gran automatización de la draga.
- j) La calidad del levantamiento, el trabajo de sondeo y los utensilios auxiliares usados.

#### 5.4. OBLIGACIONES DE COSTOS Y CRITERIO DE TOLERANCIA.

Este es un importante punto en el cual el criterio de tolerancia debe ser cumplido. Tolerancias rígidas reducirán el volumen de metros cúbicos logrados, o el precio por metro cúbico deberá ser más elevado. Por consecuencia esto sería ponderado cada vez que ocurriera, viendo a si mismo cual sería la solución más viable.

## CAPITULO 6

### **INSTRUMENTACION Y AUTOMATIZACION DE LAS DRAGAS.**

## 6. INSTRUMENTACION Y AUTOMATIZACION DE LAS DRAGAS.

### 6.1. INTRODUCCION.

Para obtener una noción global de las posibilidades de reciente instrumentación de dragado, vale la pena subdividir este asunto en tres partes.

1- Instrumentos relativos al transporte hidráulico de suelos, los cuales son aplicables a una variedad de dragas hidráulicas.

2- Instrumentos que son especialmente concebidos para ser usados a bordo de dragas de succión y corte.

3- Instrumentos que son especialmente concebidos para ser usados en dragas tipo "Hopper" auto-transportadoras.

Para que sea posible automatizar una instalación, las mediciones deberán ser hechas a modo de obtener la información necesaria. Consecuentemente, la automatización y los instrumentos de medición están íntimamente ligados.

### 6.2. INSTRUMENTOS RELATIVOS AL TRANSPORTE HIDRAULICO DE SUELOS.

Esta categoría encuadra en la mayoría de los instrumentos de medición relativos a la eficacia de la bomba.

#### 6.2.1. LOS INDICADORES DE YACIO Y DE PRESION.

Para operar la bomba de la draga lo más eficientemente posible, es necesario tener un

profundo conocimiento del vacío del lado de la succión y de la presión del lado de la repulsión. Debido a subidas bruscas de presión que pueden ocurrir en la bomba y en el circuito asociado, producen el "golpe de ariete" o el estrangulamiento de la propia bomba, los instrumentos usados para indicar el vacío y la presión deben ser capaces de resistir presiones superiores a la presión normal de operación.

En el mismo tubo de vacío, ligado a la bomba, hay un manómetro donde se pueden registrar las subidas bruscas de presión de hasta 100 kg/cm<sup>2</sup>. Existen en el mercado varios tipos de este equipo, desarrollados para adaptarse a las condiciones específicas de trabajo de las compañías de dragado.

#### 6.2.2. LA VALVULA DE COMPENSACION DE VACIO.

Esta válvula se incluye en la categoría de automatización simple. Un fenómeno indeseable se verifica en el sistema de dragado; la entrada de la succión es repentinamente estrangulada. Entonces un gran volumen de suelo y agua que se encuentra en el tubo de succión continua su movimiento, al mismo tiempo que se desenvuelven bolsas de vacío, las cuspides pueden causar subidas bruscas de presión y posiblemente daños en el tubo de succión.

El inicio de este fenómeno puede ser claramente constatado en un calibrador de vacío, cuya señal puede servir para gobernar la válvula de vacío, de forma de abrirla para que haya admisión de agua suficiente en el tubo de succión. De este modo esta válvula de compensación de vacío puede considerarse como parte de un sistema de automatización más extenso, como por ejemplo el completo control automático de una draga de succión y corte.

Existen dos tipos de válvulas de compensación: una de rejas y otra con membrana de



goma.

#### Medición del volumen transportado:

En efecto, cualquier sistema de dragado es un medio de disgregación y transporte de suelo. La importancia primordial es conocer el volumen del material transportado. Para tener una idea de este volumen es necesario saber lo que pasa en el interior de la tubería. Para esto tenemos que recurrir a métodos indirectos a través de los cuales se determina la densidad y la velocidad de la mezcla dentro de la tubería.

#### 6.2.3. INDICADOR DE CONCENTRACION.

Indicadores especiales han sido desarrollados para trabajar en condiciones difíciles. Sin menospreciar las cualidades de otros sistemas de medición, el indicador de densidad con fuente radioactiva ofrece dos ventajas principales.

Como no necesita de un contacto mecánico directo con la mezcla dragada, no contiene partes móviles sujetas a desgaste. Varios tipos de isótopos pueden ser usados como fuente radioactiva. Es verdad que en algunos casos, existe una predisposición negativa a instrumentos radioactivos, debido al hecho de ser poco divulgados los conocimientos sobre esta materia.

Por regla general el indicador de densidad radioactivo consiste en tres partes:

- 1- La fuente blindada.
- 2- El detector.
- 3- El amplificador electrónico y el indicador electrónico..

La fuente y el detector están montados uno opuesto al otro en una sección articulada del tubo, a la cual está incorporado la línea de repulsión de la bomba de la draga. El detector

está ligado al amplificador y éste al indicador que están instalados a distancia. Rayos Gama emitidos por la fuente atraviesan el tubo directamente y entran en el detector, obligando a este a registrar y transmitir información de intensidad al amplificador electrónico.

El grado de absorción de radiaciones gama depende de la densidad de la materia sólida encontrada a lo largo del curso de esta fuente hasta el detector. Por eso la intensidad de rayos gama encontrados en el detector se traducen a concentración volumétrica de sólidos de la mezcla que pasa por el tubo de repulsión. El detector emite impulsos eléctricos por medio de una señal que son recibidos por un amplificador, cuya señal de salida corresponde a la densidad.

Los isótopos más comunes usados en esta aplicación son el Cesio 137 ( $Cs\ 137$ ) y el Cobalto 60 ( $Co60$ ), de los cuales el Cesio es preferido para tubos de hasta aproximadamente 700mm. de diámetro. La vida media de ese isótopo de Cesio es de 33 años aproximadamente, que es mayor a la de los isótopos de Cobalto.

La construcción y las medidas de seguridad son tales, que los niveles de radiación en la cara exterior de los filtros y cajas de protección, son mucho menores que los provenientes de un reloj de pulso con emisiones luminosas de radio. Con esta medida de densidad podemos determinar la cantidad de arena dentro del tubo en ese punto.

#### 6.2.4. EL INDICADOR DE VELOCIDAD.

La próxima información requerida es: la velocidad de la mezcla de suelo-agua que está pasando a través del tubo.

Esto es dado por medio de un indicador de velocidad.

Esta medición está basada en la Ley de Faraday, que establece que cuando un conductor

(en este caso la mezcla de suelo-agua) pasa por un campo magnético producido por grandes espirales ligadas al circuito eléctrico principal y colocadas por encima y por debajo del tubo se crea una diferencia de potencial (volts) entre los electrodos colocados en las paredes laterales del tubo.

Este voltaje es proporcional a la velocidad de la mezcla transportada, amplificada y mostrada en un instrumento indicador. Relativamente a estas medidas, se deberá estar consiente que: las medidas son tomadas en ciertas posiciones fijas en el sistema tubular y dan una indicación del valor principal de la cantidad medida en ese lugar.

Por ejemplo: Una densidad medida con un cierto valor no implica necesariamente que el volumen correspondiente de suelo está siendo transportado en el tubo.

Esto depende de muchos factores:

La posición del indicador en relación a la posición del tubo (vertical u horizontal).

Cuando el indicador esta montado en un tubo horizontal, como es el caso, muchas veces utilizado a bordo de una draga de succión con cortador, hay que tener cuidado en instalarlo correctamente, de no ser así puede producir un error sistematico en las mediciones.

En un tubo horizontal las partículas mayores y más pesadas tienden a sedimentarse en la parte inferior del tubo. Esto depende de la relación entre la velocidad actual y la velocidad crítica de la mezcla en la turbulencia. Suponiendo que el indicador este montado, de tal modo que el haz de radiación esta en posición vertical, entonces una mezcla densa de más es medida debido a que la mezcla pesada se encuentra en el fondo del tubo (especialmente en los casos en que la velocidad de la mezcla, se encuentra próxima al valor crítico). Cuando la fuente de radiación atraviesa el tubo horizontalmente es medida una densidad inferior a la real.

De modo general se recomienda que el indicador debe ser instalado lo más cerca posible de la bomba. Ya que solo en ese lugar el suelo se encuentra bien mezclado debido a la velocidad de la bomba. Un error sistemático puede ser registrado cuando se ha montado en un tubo vertical. Las dimensiones de este error son menores y depende de la relación entre la velocidad del agua en turbulencia y la velocidad de sedimentación de los sólidos, la velocidad de sedimentación de las partículas aumenta con el crecimiento del diámetro, conforme a la ley de Stokes. Por lo tanto cuanto mayores son las dimensiones del material mayor será el error. Los departamentos de investigación están siempre trabajando, con el propósito de establecer con precisión estas influencias en los resultados de medición.

#### 6.2.5. EL INDICADOR DE PRODUCCION.

Separadamente de los valores momentáneos del peso específico, es más importante saber cual es la cantidad de material sólido que está siendo transportado a través del tubo.

El valor del peso específico de la mezcla superior a la unidad es una indicación exacta de la cantidad de sólidos en la mezcla.

Si este valor es multiplicado por el número que representa a la velocidad, el resultado es la medida de masa de arena transportada por segundo.

Integrando, finalmente nos da la cantidad total de sólidos transportados a través de la instalación. Estas medidas y cálculos están interligados a un indicador de producción, el cual de hecho es una especie de computadora. El indicador de velocidad es indispensable cuando la draga está bombeando por medio de una tubería muy extensa.

Teóricamente el suelo dragado puede ser transportado a un costo mínimo, si la velocidad pudiese ser mantenida bastante próxima al valor crítico. En este caso, de

velocidad ideal, los sólidos se sedimentan y comienzan a formar un depósito.

Cuando este fenómeno ocurre la sección real del tubo disminuye, lo que significa que la presión exigida a la bomba aumenta substancialmente como resultado de este decrecimiento de caudal, hecho que puede ser detectado inmediatamente por el indicador de velocidad. El dragador deberá entonces levantar el tubo de succión, de modo de dar entrada de agua suficiente para desobstruir la tubería de descarga.

Cuando la válvula de compensación de vacío esta instalada, se usa para este fin. Si se tienen muestras de suelo inalteradas, conocemos el suelo al ser bombeado, será posible entonces prever la velocidad crítica en la tubería como una función del diámetro medio de los granos, dada la densidad de la mezcla y el diámetro interno de la tubería. Si entonces la velocidad tiende a descender bajo de este límite previsto, el dragador puede corregir esta anomalía.

### 6.3. INSTRUMENTOS ESPECIALES PARA DRAGAS DE SUCCION Y CORTE.

Entre los instrumentos especiales para uso exclusivo de dragas de succión y corte, el más importante es el controlador automático de corte.

Descripción de su función:

Este aparato controla los movimientos de movimiento lateral de ledear y la válvula de compensación de vacío de una draga de corte, de tal modo que el rendimiento máximo sea conseguido salvando los siguientes obstáculos:

a) El proceso de dragado puede ser interrumpido por el aterramiento de la boca de succión, resultado del colapso de un talúd.

- b) Exceder los límites del canal proyectado.
- c) Estrangulamiento de la bomba de dragado como consecuencia de un vacío excesivo.
- d) Aglomeración de sedimentos en la tubería de repulsión.
- e) Sobre carga en los malacates de ladear.
- f) Sobre carga en el motor del cortador.

Para usar un controlador de este tipo es necesario:

1- El motor del cortador emita una señal proporcional a la carga. En el caso de motores eléctricos el amperímetro sirve para este fin.

2- Los controladores de los malacates de ladear son accionados por motores eléctricos y el control sera efectuado paulativamente correspondiendo al movimiento de ladear. Adicionalmente los controladores son capaces de emitir una señal cuando se encuentra en cualquiera de una de las posiciones siguientes:

Empuje	En todas las posiciones de empuje.
Neutral	Cuando los malacates son trabados mecánicamente.
Suelto	En todas las posiciones de liberación de cabo.
Freno	Esta posición puede ser preestablecida.
Máximo	Esta posición puede ser variada.

La instalación del malacate tiene que tener incorporados medios para facilitar el trabajo del movimiento que esta liberando el cabo y reajustando el controlador. Los motores de los malacates de ladear deberán emitir una señal de la carga de cada uno.

3- La embarcación deberá estar equipada con un indicador de velocidad de flujo, capaz

de emitir una señal eléctrica proporcional al flujo en la tubería de repulsión.

4- Un indicador digital de vacío deberá estar incorporado al tubo de succión, inmediato a la entrada de la bomba. Este indicador deberá ser capaz de emitir una señal proporcional al nivel de vacío en el tubo de succión.

5- La embarcación deberá estar equipada con un girocompás y un mecanismo automático, los cuales conjuntamente emitirán una señal cuando el cortador llega a los límites predeterminados del canal a estribor o babor. El computador de talúdes podrá ser utilizado con ventaja para este fin.

6- El tubo de succión debe incorporar la válvula de compensación de vacío, en que la operación de la misma, por conducto de impulsos eléctricos, genera una abertura rápida y un final lento hasta la parada por un impulso posterior.

Durante todo el tiempo que la válvula permanece parcialmente abierta, la señal deberá ser transmitida al controlador de corte.

7- En caso de falla de uno de los motores del malecate de corte, deberá haber una señal que indique esta falla y transmitirla al controlador. Accionando los botones correspondientes al panel de control siguiente:

- a- Draga a babor.
- b- Draga a estribor.
- c- Paro.
- d- Controlador de corte ligado o desligado.
- e- Válvula de compensación de vacío abierta.
- f- Parar, detener, lo hecho en la válvula de compensación de vacío.

El controlador automático de corte solamente controle el proceso de dragado.

El método actual para ejecutar una obra, dragar o perfilar un canal, es una cuidadosa tarea para el dragador. Esto también puede ser automatizado.

Los malecates de lodear y de levantar la lanza, son totalmente controlados por un computador de dragado de perfil. Instrumentos como un girocompás y un indicador de posición de la lanza son indispensables. Estos instrumentos pueden ser usados conjuntamente con el controlador de corte.

Computador de perfil de corte: (Cutter profile computer)

Este aparato fue desarrollado para dragas de succión y corte, para hacer posible el dragado con elevada precisión de perfil de fondo y talúdes exactos. El dragador depende menos del balizaje y el dragado puede continuar hasta con neblina espesa.

Un girocompás da la información sobre el ángulo de la draga en relación al giro de trabajo, el dragador tiene frente a él una copia del compás con una escala de cero a sesenta grados de amplitud (ángulo de giro). A través de la información recibida en el indicador de profundidad, la proyección horizontal de la longitud de la lanza es así calculada.

Adicionalmente, a través de la proyección horizontal y la distancia horizontal entre el pilón de la lanza y el eje del navío en acción, la distancia de corte al navío es determinada. Multiplicando esta distancia por el seno de la amplitud del corte, esta longitud de corte está indicada directamente por el computador. El indicador de la longitud de corte tiene una serie de lámparas con botones para preposicionar ciertos valores de longitud, por ejemplo, los límites de corte.

De esta misma manera, lámparas de aviso pueden ser preposicionadas algunos metros antes del límite del corte. El preposicionamiento es también posible en el dragado de talúdes con inclinaciones variables desde 1 es a 2 como 1 es a 6. Por conducto de un



preposicionamiento de lámparas de distancia que marcan ciertos puntos en el talúd, y de las lámparas de aviso aproximadamente medio metro antes de estos puntos límite, los talúdes pueden ser dragados tan solo con la observación de estas lámparas.

En caso de que el malacate de la lanza este arrastrando con una velocidad constante, la velocidad del malacate en los cabos de ladear debiera ser controlada de manera tal que la lámpara de aviso permanezca encendida, sin que la lámpara de distancia límite esté encendida también.

Ambas lámparas apagadas significa que el cortador está lejos del perfil del talúd a ejecutar y la velocidad del malacate del cabo de ladear tiene que ser aumentada o disminuida.

En el indicador de profundidad existe también un botón de corrección de profundidad de dragado, directamente dependiente del nivel de la marea. La lectura en el indicador de profundidad esta directamente relacionada con el nivel de referencia. Todas las señales del computador de perfil de corte son emitidas por contactos, los cuales pueden ser usados para control automático de otras acciones específicas.

#### 6.4. INSTRUMENTOS DE APOYO, ESPECIALES PARA OPERACION A BORDO DE DRAGAS AUTO- TRANSPORTADORAS.

En esta categoría, debe hacerse una distinción entre los instrumentos de operación de la embarcación y los que sirven a la instalación de dragado.

Los instrumentos de navegación son muy importantes, por ejemplo: los de navegación, los de control de la casa de máquinas, etc., por ser diferentes a la materia central de este estudio, no se estudiarán

Los instrumentos importantes para la instalación de dragado son:

- Controlador automático del malacate de la boca de succión y arrastre.
- Medidor de profundidad de la boca de succión.
- Indicador de posición del tubo de succión.
- Indicador de la tasa de cargamento.
- Instalación de control de la calidad de la mezcla, apta para dar entrada a la cisterna.

#### 6.4.1. CONTROLADOR AUTOMÁTICO DEL MALACATE DE LA BOCA DE SUCCIÓN Y ARRASTRE.

Un análisis efectuado sobre las operaciones ejecutadas por el dragador de una draga auto-transportadora, muestra que una parte sustancial de su atención la dedica a la verificación de la posición del compensador de ondulaciones y de la operación del malacate de la boca de succión, en el sentido de mantener compensada la posición media, para dar la máxima compensación de las irregularidades del fondo del mar y los movimientos oscilantes del navío en el sentido longitudinal y transversal.

Esto generó el desarrollo de un mecanismo automático capaz de retirar al operador del comando de estas operaciones, permitiendo que dedicara todo su atención a obtener la máxima producción. La función del controlador, es mantener el compensador de ondulaciones en la posición media y consecuentemente dentro de los límites impuestos por la presión del sistema compensador, para mantener la boca de succión presionada sobre el fondo. En esta situación, una producción óptima es alcanzada, al mismo tiempo que todo el movimiento del compensador de ondulaciones quedara disponible, para observar todas las

ondulaciones y las irregularidades del fondo, permitiendo así mismo al navío operar en condiciones meteorológicas mas severas.

Una vez, se hizo una demostración de dragado en el mar del norte, dentro de una tempestad, la draga prosiguió adelante aún con un viento muy fuerte (grado nueve en la escala de Beaufort).

#### 6.4.2. MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DE LA BOCA DE SUCCION.

Una manera muy común para medir la profundidad de la boca de succión, es por medio de una boya instalada junto a la propia boca. La presión estática medida en el sistema está en equilibrio con la presión exterior a aquella profundidad.

#### 6.4.3. INDICADOR DE POSICION DEL TUBO DE SUCCION.

Dado que la medición de la profundidad de la boca de succión, indicada anteriormente, es la medición de la profundidad del eje Cardan del tubo, son hechos en la misma forma, la combinación de estas dos mediciones nos da facilmente la posición del mismo tubo, o nos previene de la ocurrencia de curvaturas extremas.

#### 6.4.4. INDICADOR DE TASA DE CARGAMENTO.

Para tener una idea real del progreso de la operación de dragado en el navío, el indicador de producción por si solo no es suficiente, debido a las pérdidas de sobre relleno en las bodegas del barco que acontecen durante el proceso. Es aquí que el indicador de carga y calado y/o el registrador de carga o el indicador de tasa de cargamento entra en escena.

Estas indicaciones son basadas en las mediciones de calado, por medio de un tubo

vertical, en las cuales la presión estática del agua es proporcional al calado. Las mediciones de calado del navío, o sea el volumen de agua desalojado puede ser valuado. La diferencia entre este volumen al inicio del proceso de dragado y el volumen desalojado al final del proceso, nos da así el peso total del contenido existente en la bodega del barco. Conociendo el volumen de la bodega (lo cual depende del nivel de sobre relleno utilizado), la densidad media de carga puede ser determinada. La tasa de crecimiento del volumen desalojado por la draga, durante el cargamento, es consecuentemente una medida de velocidad de carga.

Como añadidura a estos sistemas neumáticos, se está desarrollando una máquina de cálculo electrónico, que junto con la información de duración del ciclo completo de dragado, nos da las variaciones continuas de las provisiones, abastecimientos, etc. Y es capaz de calcular la eficiencia general del navío y prever cuando las operaciones de dragado deberán terminar para obtener una eficiencia general máxima.

6.4.5. "Controlador automático de la lanza de succión". La más reciente creación de la Compañía IHC Beaver es el "Controlador automático de la lanza de succión", basado en un sistema de microprocesadores, que están programados para controlar los movimientos de la lanza, dentro y fuera de bordo, así como controlar y proteger los tubos de succión y el compensador de ondulaciones, corrigiendo automáticamente situaciones peligrosas, tales como acciones correctivas, si la lanza de dragado queda debajo del navío por ser demasiado largo el casco. Es posible pasar este sistema automático a operación manual.

6.4.6. "Observador" o sistema DPS (Sistema de posicionamiento de lanza) en desarrollo, para dragas trailer de bodega, a fin de obtener la información necesaria de la posición de la cabeza de succión en el plano horizontal y vertical.

Los elementos de localización de la cabeza de succión resultan del procesamiento de diversos datos, tales como los ángulos de las articulaciones de la lanza, calado del navío, corrientes y diferencia de mareas. El equipo está dotado con sistemas de alarma pre programadas, para evitar averías mecánicas en la lanza de dragado o en partes de esta lanza, cuando se exceden los ángulos máximos de las articulaciones.

#### 6.4.7. INSTALACION DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LA MEZCLA, APTA PARA ENTRAR A LA CISTERNA.

Durante la operación del navío, acontece muchas veces que es dragada una mezcla con una densidad muy baja. Se debe, entonces, tomar medidas para evitar que el suelo ya existente en las bodegas sea diluido por esta mezcla débil, especialmente cuando se draga una arena muy fina o un material con un peso específico bajo.

En esta situación, la instalación de control de la mezcla, apta para entrar en las bodegas es bastante útil. Esta instalación ligada al calculador de producción, acciona unas válvulas específicas, de modo que estas dirijan el flujo de la mezcla hacia afuera de la bodega. Son dadas estas instrucciones cuando el peso específico de la mezcla dragada es superior o inferior a un valor ajustable, o cuando la velocidad de la mezcla es superior o inferior a un valor ajustable. Con este instrumento será posible obtener un mejor rendimiento de la draga auto-transportadora en variadas condiciones de trabajo.

#### 6.5. AUTOMATIZACION DE TIPOS DE EQUIPO DE DRAGADO (IHC Beaver).

La experiencia ganada en las dragas más usuales, como la de succión estacionaria y las de trailer de bodega de barco, es ahora aplicada a dragas menos versátiles, como las dragas de baldes.

##### 6.5.1. CONTROL AUTOMATICO DE DRAGAS DE BALDES.

La Compañía IHC Beaver adoptó un sistema de control de malacates en las dragas de baldes, que controla los malacates de ledear y de avance y controla la carga del malacate de avance y cadena de baldes, permitiendo así mismo al dragador, más tiempo para controlar el proceso de dragado, maniobras de botes, etc.

**CAPITULO 7**  
**EQUIPO DE NAVEGACION Y POSICIONAMIENTO .**

## 7. EQUIPO DE NAVEGACION Y POSICIONAMIENTO.

### 7.1. UTILIZACION DE EQUIPO ELECTRONICO.

La aplicación de equipos electrónicos ha tenido y posiblemente tendrá en el futuro una influencia enorme en las operaciones de dragado.

Por ejemplo: Un canal de acceso a un puerto que tiene que ser dragado. Hoy en día es un trabajo bastante común, dado que los buques-tanque y los porta contenedores son navíos de gran calado.

Las autoridades portuarias después de haber analizado el resultado de la introducción de sistemas electrónicos de pilotaje de auxilio a los "Prácticos". Análisis que también facilita la definición, con una mayor precisión, de las dimensiones de un canal, desde el punto de vista de navegabilidad, se lograrán especificaciones más rigurosas en lo que respecta al dragado del canal de acceso.

Para cumplir estas especificaciones, los dragos tienen que estar equipados con aparejos electrónicos variados, hoy en día accesibles.

De entre los factores que implican la utilización de aparejos electrónicos en una draga constan los siguientes:

- a) Automatización.
  - b) Eficiencia.
  - c) Disminución del riesgo durante las operaciones de dragado.
  - d) Definición del tipo de equipo de dragado a ser utilizado.
- a) El desarrollo de la automatización de los equipos de dragado, de modo general, no es



muy diferente el desarrollo de la automatización relacionada en otros ramos de trabajo, puesto que los objetivos a atacar son los mismos, o sea eficiencia de servicio y posible reducción de la utilización de mano de obra especializada.

b) Dado que hoy en día la concurrencia es intensa, se vuelve esencial para las compañías conseguir y definir con más precisión la eficiencia máxima para su equipo, en la ejecución de la obra. Que provocarán ofertas más competitivas.

c) y d) Antes de dar inicio a un proyecto de dragado, es importante conseguir información valiosa sobre los fondos, sus irregularidades y las capas inferiores existentes. Irregularidades de las capas y anomalías ocurren a lo largo de toda la corteza terrestre y por consecuencia; el conocimiento de su constitución y de su formación es esencial para las operaciones de dragado.

Para la mayoría de los proyectos de Ingeniería civil y dragado, de un modo general, solamente interesa conocer con más pormenores las capas inmersas menos profundas y las más superficiales de la parte de la corteza terrestre en estudio.

En particular las deformaciones estructurales están estrictamente relacionadas con la profundidad y la resistencia de los materiales donde las cimentaciones deben ser implantadas o los canales dragados.

Esto significa que será ventajoso tener una información exacta y valiosa de la topografía de fondo y composición de las capas inferiores. Para atender estos requisitos, se han desarrollado instrumentos de excelente calidad. Después de la fase de proyecto y análisis de los materiales encontrados, el empresario determinará cual equipo vendrá a ser el más eficiente para ejecutar el trabajo requerido.

7.2. EQUIPO DESTINADO A LA EJECUCION DE VARIAS FASES DE UNA OBRA DE  
DRAGADO.

Podemos distinguir tres fases distintas:

- 1- Pre-dragado, navegación y levantamiento.
- 2- Dragado propiamente dicho.
- 3- Post-dragado, control de los resultados obtenidos.

NAVEGACION PARA LA ZONA DE OPERACION.	LEVANTAMIENTO.	DRAGADO PROPIAMENTE DICHO.	CONTROL DE RESULTADOS OBTENIDOS.
-auxiliares de navegación, (omega decca)	-sistemas de posicionamiento.	-sistemas de posicionamiento.	-perfilador sonar de sector.
-ecosonda (medición de la profundidad.	-sónica.	-instrumentación de control.	-ecosonda hidrográfica.
	-sistemas sísmicos.	-sonar.	
	-magnetómetro	-equipo de procesamiento de datos.	
		-equipo de recepción de datos-	

### 7.3 EL EQUIPO.

#### 7.3.1. INTRODUCCION.

Como fué indicado en el capítulo anterior, varios tipos de equipo estan siendo usados en las diversas etapas del proceso de dragado.

Podemos subdividirlos en:

- Sistemas de navegacion y posicionamiento.
- Sistemas sónico y sísmico.
- Equipo de procesamiento de datos.

Los equipos sónicos y de procesamiento de datos, normalmente estan instalados a bordo del navío, en tanto que una parte del sistema de posicionamiento se encuentra en tierra o en boyas flotantes. Es conveniente, explicar la diferencia entre los sistemas de posicionamiento inmerso y emerso o seco.

El sistema de posicionamiento emerso, utiliza ondas electromagnéticas como auxiliares de la determinación de distancia entre dos puntos. Considerando que estas ondas no se propagan a través del agua, necesitamos de otro tipo de ondas para establecer la posición sub-acuática. Las ondas acústicas de baja frecuencia son las indicadas para este fin.

Quando precisamos de sistemas de navegacion y posicionamiento sumergidos?

Imaginemos que estamos en una zona de mar abierto donde queremos ejecutar extracción minera a grandes profundidades, por ejemplo: sacar mineral de metales del fondo. Dado que nos encontramos alejados de la costa, podemos solamente utilizar el sistema de navegación vía satélite, con auxilio del posicionador del navío nos llega información tan solo dos veces por hora.

Además de eso, varios tipos de vehículos pueden estar operando en el fondo, pero a bordo de la embarcación de comando precisarnos conocer sus variadas posiciones. Por lo tanto tenemos siempre que depender de los sistemas de posicionamiento inmersos.

### 7.3.2. SISTEMAS EMERSOS DE NAVEGACION.

Estos sistemas ayudan a establecer una posición del navío en una gran área sin ambigüedades. Actualmente existen cuatro sistemas diferentes de navegación, los cuales se enumeran en seguida:

#### AUXILIO DE NAVEGACION

Omega.

Decca Navigator.

Loran C.

Satellite.

#### AREAS DE UTILIZACION

Mundialmente.

Costa de Europa, Asia, Japón.

Costa de America del Norte.

Mundialmente.

Los tres primeros sistemas emiten información continua de la posición por medio de transmisiones locales terrestres, en tanto que la información vía satélite es transmitida en intervalos de tiempo regulares.

### 7.3.3. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO.

Existen varias posibilidades para subdividir los diferentes sistemas de posicionamiento por ejemplo: con base en el principio de medición, o con base en la frecuencia usada, o con base en el número de utilizadores posibles, etc. Es indiferente a

través de cual criterio esta dividido el sistema de posicionamiento, puesto que el grupo de sistemas siempre es el mismo. De ahí que se efectuó una subdivisión en la cual cada miembro del grupo de sistemas engloba las mismas funciones específicas.

CRITERIOS	GRUPOS		
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
-Principio de medición.	-Diferencias de radio.	-Radios.	-Radio/Angulo.
-Número de utilizadores	-Multiutilizable.	-Multiutilizable limitado.	-Utilizable singularmente.
-Frecuencia.	-Selectiva baja.	-Media/Alta.	-Alta.

Cada grupo contiene más de los tres criterios mencionados. Los mencionados son los más importantes y serán expuestos adelante.

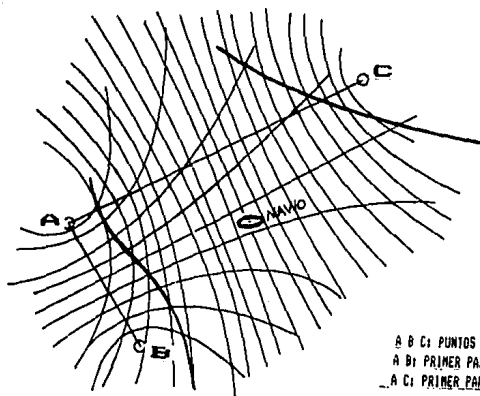
### 7.3.3.1. PRINCIPIO DE MEDICION.

#### Diferencia de radios.

La distancia entre el navío y los 3 puntos conocidos es medida en pares de puntos, por ejemplo: AB y BA. La fijación de la posición a través de de la diferencia de radio, es posible con un mínimo de 3 emisiones, en lugares fijos en tierra y un receptor a bordo del navío.

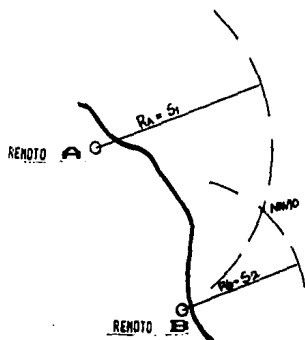
#### Radio (circular).

La distancia entre el navío y dos puntos conocidos es medida. Estos sistemas son conocidos por radio/radio (ie. cubic autotape, decca trisponder, motorola miniranger).



DIFERENCIA DE RADIOS

A B C: PUNTOS CONOCIDOS  
 A B: PRIMER PAR DE PUNTOS  
 A C: PRIMER PAR DE PUNTOS



A o B: PUNTOS CONOCIDOS  
 RA RB (S1 y S2): DISTANCIAS MEDIDAS DEL NAVIO AL PUNTO A

METODO DE RAYOS PARA FIJAR POSICION

La fijación circular de la posición es posible con un par de emisiones-receptoras (transponders) en dos lugares fijos terrestres y un emisor-receptor a bordo del navío.

#### Radio/Ángulo.

La distancia entre el navío y un punto conocido es medido tal como el ángulo: navío-punto conocido-dirección de referencia.

Estos sistemas son llamados "Artemis".

Las características electromagnéticas de las ondas y el modo y la velocidad de propagación son los factores determinantes para la obtención de la exactitud. Y puede auxiliarse por uno de los tres sistemas de posicionamiento electrónico.

En el cuadro siguiente se da un panorama total de los más conocidos sistemas de posicionamiento, suministrando especificaciones generales de los sistemas.

Los auxiliares electrónicos de navegación, como el sistema "decca Navigator", generalmente no están adecuados para satisfacer totalmente las exigencias del levantamiento. Más pueden suministrar información de navegación en áreas determinadas, seleccionadas para un levantamiento detallado.

En zonas de mar abierto, las posiciones pueden ser obtenidas por medio de un sistema acústico sub-acústico (simrad HPR, Atrav, Acuafix, o en el caso de la disponibilidad de una plataforma y Artemis).

#### 7.3.3.2. NUMERO DE UTILIZADORES.

Cuando están previstas bastantes operaciones de dragado y levantamiento dentro de una zona y esta zona se encuentra situada junto a la costa o en áreas fluviales, valdría la pena considerar un sistema multiutilizable con tres o más emisores en tierra.

Cada navío presisaría de un receptor y podría participar en el padrón o modelo generado por los emisores.

Por otro lado, existen también las compañías de dragado que prefieren poseer equipo electrónico de posicionamiento propio, en virtud de la búsqueda continua de eficiencia del trabajo y flexibilidad de la instalación.

Por lo tanto se optó por sistemas multiutilizables singulares (sistemas de radio y/o radio/ángulo.)

#### 7.3.3.3. FRECUENCIA.

El criterio de las altas frecuencias (microondas) reduce las condiciones en que la "línea de horizonte" se va a la frontera límite entre el emisor y el receptor y entre el interrogador y el respondedor, teniendo en cuenta estas limitaciones, podemos usar solamente sistemas funcionando a altas frecuencias con relativamente pequeños radios de acción (80km.)

#### 7.3.4. SISTEMAS ACUSTICOS DE POSICIONAMIENTO SUB-ACUATICO.

Los principios en que se basa el funcionamiento de sistemas acústicos de posicionamiento, son varios.

Pero en la práctica son utilizados solamente tres de estos sistemas:

- Medición de distancia
- Medición de diferencia de distancia
- Medición de distancia y dirección.

Los sistemas basados en los principios arriba indicados son nominados:



- Sistema de línea base-larga (long base line system).
- Sistema de línea base-corta (short base line system).
- Sistema de línea base ultracorta (super short base line system).

Las figuras siguientes representan esta división claramente, con la posición de los emisores y receptores. De aquí se verifica que los tres principios de medición son iguales a los sistemas de posicionamiento emersos.

#### SISTEMAS ACUSTICOS INMERSOS.

SISMICO	FIJACION DE POSICION	FORMACION DE IMAGEN	COMUNICACION
RUMBO	ACUSTICA	SONICA	ECDSONDA
GIROCOMPAS	MARCAS ACUSTICAS COLOCADAS EN EL FONDO	PERFILADOR SONICO	DETECTOR
DISTANCIA DIRECCION	DIRECCION DIRECCION	PROYECTOR LUMINOSO	PERFILADOR DE SECTOR
	DISTANCIA DISTANCIA		FM

#### 7.3.4.1. DIFERENCIA ENTRE LOS SISTEMAS ACUSTICOS DE MEDICION.

Aplicando el sistema de línea de base corta, deberán ser montados tres hidrófonos

separados sobre el fondo de la embarcación flotante. Este sistema muchas veces no es ventajoso para la aplicación práctica.

El sistema de línea de base larga y el de línea base ultracorta, difieren en los puntos siguientes:

Eficiencia.

El sistema de línea de base larga mantiene su exactitud aún cuando se hacen operaciones sub-acuáticas en grandes áreas.

En el sistema de línea base ultracorta se podrán hacer mediciones exactas cuando el "transponder" y el "hidrófono" se encuentren aproximadamente sobre la misma dirección vertical.

Trabajabilidad - Facilidad de utilización.

Será necesario establecer las posiciones con los "transponders", antes de poder comenzar a trabajar con el sistema de línea base larga.

Quiere decir, que será necesario hacer una calibración o modo de conocer la posición geográfica de el área en el fondo del mar hasta la superficie libre del agua. Este es un proceso bastante lento.

El sistema de línea base ultra corte puede ser utilizado directamente sin trabajos de calibración.

Generalmente tenemos, por lo tanto, que utilizar el sistema de línea base larga cuando queremos hacer muchas operaciones dentro de una área larga. Lo que acontece en el caso de extracción minera en mares profundos, y empleamos el sistema de línea base ultra corta unicamente para operar dentro de una pequeña área.

La perfección de la línea de base larga será del orden de 3 a 8 mts. y la de la línea de

separados sobre el fondo de la embarcación flotante. Este sistema muchas veces no es ventajoso para la aplicación práctica.

El sistema de línea de base larga y el de línea base ultracorta, difieren en los puntos siguientes:

Eficiencia.

El sistema de línea de base larga mantiene su exactitud aún cuando se hacen operaciones sub-acústicas en grandes áreas.

En el sistema de línea base ultracorta se podrán hacer mediciones exactas cuando el "transponder" y el "hidrófono" se encuentran aproximadamente sobre la misma dirección vertical.

Trabajabilidad - Facilidad de utilización.

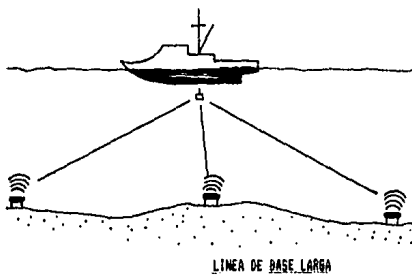
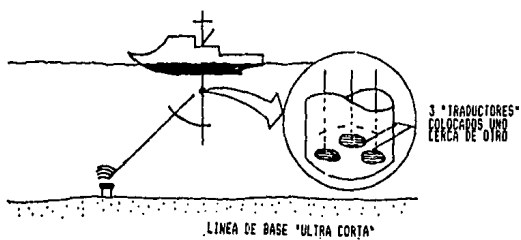
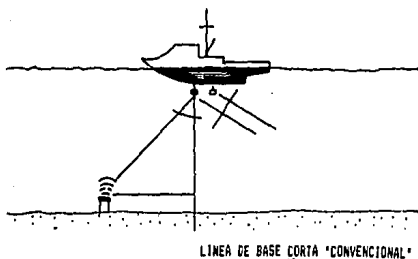
Será necesario establecer las posiciones con los "transponders", antes de poder comenzar a trabajar con el sistema de línea base larga.

Quiere decir, que será necesario hacer una calibración a modo de conocer la posición geográfica de el área en el fondo del mar hasta la superficie libre del agua. Este es un proceso bastante lento.

El sistema de línea base ultra corta puede ser utilizado directamente sin trabajos de calibración.

Generalmente tenemos, por lo tanto, que utilizar el sistema de línea base larga cuando queremos hacer muchas operaciones dentro de una área larga. Lo que acontece en el caso de extracción minera en mares profundos, y empleamos el sistema de línea base ultra corta únicamente para operar dentro de una pequeña área.

La perfección de la línea de base larga será del orden de 3 a 8 mts. y la de la línea de



MÉTODOS ACÚSTICOS DE FIJACIÓN DE POSICIÓN

base ultra corte será de 1.5 a 5mts.

### 7.3.5. INSTRUMENTOS ELECTRONICOS, GEOFISICOS.

Como en los sistemas de formación de imágenes se trata primero de obtener una idea, sobre el navío, del fondo del mar y sus alrededores.

Sistemas acústicos, que para esto podrán ser utilizados, son los de de detección y los de sonido de visión lateral (side looking sonar). Cuando se da la imagen del fondo por debajo de un navío y queremos saber la profundidad, utilizamos un ecosonda.

TIPO DE INSTRUMENTO	USO	OBSERVACIONES
Ecosonda	Sub-acuática; para obtener información exacta del fondo, de modo de poder elaborar cartas hidrográficas y mapas.	La perfección obtenida depende de varios factores: profundidad del agua, velocidad de navegación, agitación del mar, largo del radio del "transducer" y otros.
Equipo sísmico con penetración limitada.	Para obtener información exacta del subsuelo, estratificación, existencia de tuberías, contenido de sales, etc.	Los resultados tienen que ser verificados con cautela y relacionarlos con las muestras. Es necesaria experiencia en la operación y la interpretación.
Sistemas sónicos.	Para obtener información sobre la nivelación del fondo y para detectar obstáculos, como bloques de piedra, navíos naufragados, ondes de arena, etc.	Serán necesarias posteriores investigaciones; por medio de un magnetómetro, equipo sísmico de penetración limitada y también buzos.

Magnetómetro	Para localizar la presencia de objetos metálicos en el fondo del mar o ligeramente enterrados en él.	La distancia del campo magnético terrestre es una indicación de la presencia de objetos ferrosos. Se requiere experiencia.
--------------	--	---

Para una investigación de las capas del suelo subyacentes al fondo, podrán ser aplicadas con éxito las técnicas sísmicas. Puesto que los datos registrados en el fondo del mar, como la altura del agua, podrán ser transmitidas a través de ondas acústicas (telemetría).

Finalmente, deberán ser mencionados los sistemas acústicos de posicionamiento. Dado que todo cuanto se encuentra sumergido está completamente dependiente de un sistema de posicionamiento de este tipo. Las exigencias relativas a la precisión, son grandes.

7.3.5.1. Una especial atención debe ser dirigida a los perfiladores parciales y totalmente sónicos (side scanning sonar and sector scanning sonar). Una pequeña señal sonora recorre el sector y dado que la frecuencia de la señal es bastante alta, nos da sobre el navío, una impresión del fondo.

Este perfilador sónico de sector es muy apropiado para visualizar bien los perfiles ejecutados por el dragado. Se utiliza para determinados fines, como canales especiales y zanjas para tubería.

El perfilador lateral sónico (side scan sonar) es un equipo indispensable para proyectar la imagen del fondo.

Dos juegos de "transducers" son instalados en ambos lados del cuerpo sumergible. Ambos juegos emiten dos sectores de haces que cubren una longitud de 100mts. cada uno.

De este modo nos da un levantamiento rápido de la zona de proyecto.

### Magnetómetro.

Para localizar la presencia de objetos metálicos en el fondo del mar, el magnetómetro es un instrumento extremadamente útil para los servicios de levantamiento.

Todos los objetos y minerales ferrosos que aparezcan naturalmente, provocan una distorsión del campo magnético terrestre, la medición de esta distorsión puede ser usada para determinar el tamaño y las profundidades de estas anomalías.

Es absolutamente necesario poseer experiencia práctica y conocimiento previo para interpretar los resultados obtenidos de estos instrumentos tan sensibles.

### 7.3.6. INSTRUMENTOS DE INFORMACION OCEANOGRÁFICA Y METEOROLÓGICA.

Los trabajos de dragado y de levantamiento son esencialmente operaciones marítimas y por lo tanto requieren información de las condiciones oceanográficas y meteorológicas. Las cuales necesitan una valoración de:

- 1- Mares y fluctuaciones de mareas.
- 2- Intensidad y dirección de las corrientes.
- 3- Altura, longitud y dirección de las olas.
- 4- Velocidad y dirección de los vientos.
- 5- Nebliña, hielo y temperatura.

Si los trabajos son llevados a cabo en lugares protegidos, este tipo de información completa no es tan importante como si los trabajos fuesen ejecutados en mar abierto, como por ejemplo: los proyectos de colocación de tuberías.

Sensor de posición.	Datos terminales, cartas y listas de datos procesados y no procesados.
Trisponder.	
Sea-fix.	
Hl/fix/6.	
Decca.	
Shoran.	
Pulso y otros.	Computadores con interfase.
Sonar de fondo.	Lotificar
Atlas DESO/10.	Presentación no deformada del área de levantamiento en cualquier escala y orientación
Atlas EDIG/10.	
Kelvin Hughes.	
y otros.	Guía de ruta.
	Arreglo de anotaciones para instrumentos adicionales.

El costo de utilización del equipo de dragado, depende de todos esos factores. Probablemente la influencia más importante en un trabajo de dragado es la reventazón de las olas. La relación entre el tipo de suelo, las especificaciones del equipo y las ondulaciones, son fundamentales.

Por ejemplo: es más factible dragar en suelos blandos con grandes ondulaciones que dragar en roca. Por esta razón, la investigación de estos factores es necesaria.

Ahora, las olas en general son generadas por el viento, muchas veces este factor no es



decisivo en la existencia de ondulaciones. Se podrá continuar por períodos prolongados después de que el viento deja de actuar, limitando el tipo de trabajo y aumentando el costo de operación de la draga. Datos meteorológicos como el registro de los vientos, están normalmente a disposición, más si no están, se deberán organizar registros de los vientos en la zona del proyecto.

A veces con base en los datos de zonas próximas, se podrán interpolar y aprovechar para la zona en cuestión.

Para todas estas mediciones existen, a disposición, bastantes instrumentos que se pueden montar en boyas, o que se pueden montar en pistas. Los datos obtenidos pueden ser transmitidos a través de un sistema de radio para su procesamiento, conjuntamente con otros datos del levantamiento.

#### 7.3.7. SISTEMAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.

El éxito de este sistema serán los datos obtenidos por el sistema de posicionamiento de análisis de profundidad, etc., que dan origen a una línea continua de guía de rumbo para el timonel y una representación de la zona de trabajo con las profundidades actuales.

Los datos pueden ser procesados a bordo o en tierra, hecho que constituye una cuestión de estrategia de organización o de un tipo de sistema de uso.

El procesamiento en tierra tiene la ventaja de poder ser integrado a un sistema más completo y operado en un computador de mayor capacidad. Logrando mejores resultados en la ejecución de cartas, en una mesa de pilotaje de alta precisión y grandes dimensiones.

Cuando los datos obtenidos son procesados a bordo de la draga, la organización debiera ser tal que durante la descarga el proceso pueda continuar, permitiendo el gerente

interpretar los resultados, y juzgarlos antes de comenzar el próximo ciclo.

Otra solución es usar la propia draga como navío de levantamiento particular en una zona específica antes de iniciar el dragado.

Arriba está indicado un diagrama compacto de "Decca Autocarta", recientemente desarrollado, el cual es un sistema computarizado de recolección y procesamiento de datos, para operaciones de levantamientos en mar abierto.

#### 7.4. OPERADORES Y PERSONAL TECNICO.

Para operar y mantener el equipo y sistemas como los descritos anteriormente, será necesario instruir y entrenar adecuadamente, operadores, topógrafos, geofísicos e ingenieros, de forma tal, que ellos puedan desempeñar sus papeles de un modo eficiente.

En proyectos mayores, el sistema deberá estar dispuesto para garantizar la función adecuada del equipo. Y solo, en caso de ser necesario, recurrir a la ayuda de peritos en la materia para resolver los problemas de mal funcionamiento del equipo.

En la práctica fue probado con ingenieros, correctamente entrenados, la operación en la zona del proyecto y estos, pueden mantener el equipo electrónico en condiciones satisfactorias, con la condición de disponer de documentación suficiente y además un departamento de mantenimiento adecuado.

Especialistas de las fábricas, a veces, son contratados para modernizar y renovar equipos en funcionamiento. De este modo los ingenieros de la empresa, mantienen su nivel de conocimiento en la materia, siempre actualizado.

En gran número de firmas especializadas los propios fabricantes están siempre a disposición, para ayudar a seleccionar el sistema más indicado.

Existen algunas grandes compañías de dragado en Holanda, que tienen gran experiencia en los sistemas, por lo que tendrán siempre a disposición equipos propios de especialistas.

#### Costos.

Recientes investigaciones muestran; que para proyectos de dragado de medio porte, aproximadamente del 2.5 al 3 % del valor del proyecto, serán necesarios para el equipo electrónico, contra 0.2% utilizado al inicio de la década de los sesentas.

#### Tendencias futuras.

Las tentativas actuales para el desarrollo de la industria electrónica (introducción de los microprocesadores incorporados a la nueva generación de equipo) indican que en el futuro, la automatización de los procesos en los equipos de dragado y levantamiento se volverán una realidad.

De aquí podemos deducir que:

De los caballos (animales) a la energía "diesel" y de los baldes de madera a las bombas sofisticadas, el dragado está entrando en el mundo electrónico y de computadoras. Sin duda quien quiere que se encuentre trabajando en el ramo del dragado, seguirá los desarrollos futuros con bastante interés.

**CAPITULO 8**  
**CONCLUSIONES.**

## B. CONCLUSIONES.

Es evidente que analizando la evolución de las técnicas de dragado y las exigencias impuestas por los dueños de las dragas y por las autoridades gubernamentales, en el futuro serán exigidas mediciones más complejas.

Además de eso, será necesaria mayor automatización en el proceso de dragado, debido a la falta de personal especializado, asimismo, este equipo sofisticado exige una infraestructura de alta calidad y personal de alto nivel técnico en los lugares de trabajo.

En un futuro no muy distante la automatización con computadoras deberá ser contemplada en conjunto, con las mediciones automatizadas, eventualmente la navegación, el levantamiento y el registro de las cartas hidrográficas será en forma tabulada.

Por otro lado mostraremos una visión general de los principales puertos mexicanos, basandonos en el reporte anual correspondiente al año del 1985 que efectuó la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) por medio de la Dirección General de Obras Marítimas (DGOM).

CONCEPTO: DRAGADO.  
 PUERTO: ENSENADA, BAJA CALIFORNIA NORTE.  
 FECHA: 8 Y 9 NOY. 85.

1- La profundidad en el puerto comercial es de 29 pies (8.84m) con fondo arenoso, se plantea dragar a -10 mts. en la zona comercial. Y en la zona pesquera se plantea dragar a

- 7mts. para profundizar el nuevo muelle atunero donde solo atracan barcos vacíos.

2- Al fondo de la dársena se depositan sedimentos, producto de la fabricación de harina de pescado y sólidos del arroyo Ensenada, se solicita que estos se draguen.

3- Dragado futuro del canal de navegación en punta banda posterior a las instalaciones que construya "Boss Pacific".

4- En el Sauzal, solicitaron dragar en el canal de navegación a la cota - 6mts. y en los muelles a la -5.5mts. Actualmente tienen 5m. de profundidad y arriban pesqueros con 4.8mts. de calado lo cual resulta peligroso. El canal se azolve principalmente de boleos y roca.

CONCEPTO: DRAGADO.

PUERTO: GUAYMAS

FECHA: 17, 18 Y 19 OCT. 85

1- Programar dragado para contar con 10mts. en canal y muelles.

2- Los tramos 3 y 4 (banda sur) tienen 32 pies (9.75m.) de profundidad.

3- Terreno limo-arcilloso fácil de dragar pero inestable.

4- Es necesario retirar el remolcador "Piacis" hundido frente al tramo, 4 banda sur.

CONCEPTO: DRAGADO.

PUERTO: TOPOLOBAMPO.

FECHA: 19 Y 20 SEPT 85.

1- El puerto tiene un canal natural de 18 km. y un ancho de plantilla variable. En los primeros 13 km. tiene profundidad de 10 a 20 mts., los últimos 5 km. son sinuosos con

curvaturas de hasta 90 grados y un ancho de 60mts. con azolvamiento continuo.

El dragado de mantenimiento lo realice PEMEX con una draga chica a 30 pies (9.15mts.) de profundidad. Pero en tiempo de temporal, en 15 días se azolva de 30 a 25 pies de profundidad, o sea pierde 5 pies.

PEMEX proyecta dragar un canal recto con un ancho de plantilla de 200mts.

2- Existe un bajo a la - 7mts., 20 mts. al norte del muelle fiscal, lo cual dificulta el atraque y desatraque en el muelle, que esta proyectado para 10m. de profundidad.

3- En el fondo marino existen abandonados muertos de amarre y cadenas de boyas del señalamiento marítimo, que hay que retirar para limpiar el fondo a dragar.

4- Se tiene un proyecto de dragar a corto plazo el estero del "Zacate" para refugio de embarcaciones pesqueras.

CONCEPTO: DRAGADO.

PUERTO: SALINA CRUZ.

FECHA: 31 DE ENE Y 1 DE FEB 85.

1- Canal de navegación: profundidad actual 42 pies (12.8mts.). Existe un bajo de 7mts. de profundidad próximo al rompeolas "oeste", por lo que las embarcaciones tienen que entrar pegándose al rompeolas "este" haciendo peligrosas la maniobra de entrada. El bajo es debido a los restos de un barco hundido hace varios años.

2- Hace falta aumentar el área y profundidad en el ante-puerto para una mayor seguridad.

3- Frente al muelle de contenedores, a 60mts. existen restos de la draga "Minnesota". Servicios de Dragado indica que por falta de recursos, en equipo y económicos, se suspendió

el retiro de restos, pero que no representa peligro al tráfico de embarcaciones por estar a 10 u 11mts. de profundidad. Existen más restos de barcos hundidos los cuales hay que localizar.

4- Los azolves que se presentan en el puerto son debidos a las descargas pluviales de la ciudad. Un arroyo desfoga entre el dique seco y el muelle de reparación a flote, y dos arroyos en el lado "este" de la dársena.

5- Actualmente la draga "Tabasco" profundiza la dársena de maniobras del puerto.

CONCEPTO: DRAGADO.

PUERTO: MAZATLAN

FECHA: 22 Y 23 NOY 85.

1- Ampliación del canal de navegación y dársena de cieboq. El canal de 60 a 150mts. y la dársena de 330 a 400mts. de diámetro.

2- Las posiciones 1 y 2 continuarán con 8mts. de profundidad, por existir roca en el fondo marino. Las posiciones 4 y 5 se pueden profundizar en 3 pies (0.90m.) más, para alojar barcos de 25 a 30,000 T.P.M. en todo tiempo.

3- Hace falta dragar el canal de acceso a la zona pesquera, así como la dársena de atuneros para contar con una profundidad de 7.0 mts. Para lo anterior se requiere retirar los restos del barco "Granito de Oro".

4- Se requiere el dragado en el refugio pesquero para ciclones, ubicado en el estero de urías y aumentar los bordos de contención; para aumentar la zona de tiro del producto dragado. Anteriormente había de 30 a 40 siniestros dentro del puerto en época de ciclones.

5- Para aumentar la profundidad y áreas de agua la DGOM iniciará en 1986 las



siguientes acciones:

- Extracción del manto rocoso situado en el canal de navegación de los barcos atuneros.

- Se iniciarán los estudios para la posible ampliación del canal de navegación y dársena de cabotaje del puerto comercial.

CONCEPTO: DRAGADO.

PUERTO: TAMPICO.

FECHA: 16 Y 17 MAYO 85.

1- Canal de navegación: longitud 19,600mts.; ancho de plantilla del 0+000 al 12+800, 100mts. y del 13+100 al 19+600, 60mts.

Profundidad 30 pies (9.15mts.).

Dársena fiscal: diámetro 100mts. profundidad 10mts.

2- La profundidad requerida es de 32 pies (9.75mts.)

3- Volúmenes anuales de dragado:

- Zona de escolleras, 800,000m<sup>3</sup>. La escollera norte es 200mts. más larga que la sur, por lo que se forma una zona de exposición lateral que provoca azolves.

- De escolleras al recinto fiscal 4,000,000 m<sup>3</sup> sin incluir el área de PEMEX.

4- Principalmente en tiempo de avenidas. Existe problema de azolves en las bandas de atraque de los muelles.

5- Recomiendan dragar el canal de la Cortadura para refugio de las embarcaciones pesqueras.

6- El remolcador "Támesis" hundido en septiembre de 1984, frente a los muelles del recinto fiscal, representa un peligro para la navegación.

CONCEPTO: DRAGADO.  
 PUERTO: TUXPAN.  
 FECHA: 14 Y 15 FEB 85.

1- Canal de navegación y dársena de ciaboga.- Bocana, ancho de 60mts.; profundidad variable de 6.3 a 8.0 mts., longitud del canal, 9.8km., ancho de plantilla 60mts.

Dársena Fiscal: diámetro 150mts.; profundidad 6mts.

Dársena Tecomer: diámetro 180mts.; profundidad 6mts.

Dársena terminales graneleras: diámetro 120mts.; profundidad 3.5mts.

Dársena para etileno: diámetro 230mts.; profundidad 6mts.

Dársena de pesca: diámetro 135mts.; profundidad 3mts.

2- PEMEX con la draga "China" profundizó la bocana, llegando a 26 pies (7.9mts.) en Enero de 1985, pero a cause de un norte se redujo a 21 pies (6.4mts.). El mantenimiento se realiza con la draga "Altamira" según calendario y horario programado, sin tomar en cuenta las condiciones meteorológicas.

3- El ancho mínimo de la plantilla del canal de navegación debe ser como mínimo de 100mts., según las prácticas.

4- La DCOM realice un estudio de acarreo litorales.

5- Solicitan que se prolonguen las escolleras a la cota -8mts. y que se realice un estudio técnico-económico para epayar la ampliación.

6- Debido a los problemas de azolve no se puede asegurar a los usuarios del Puerto una profundidad estable en la Bocana.

CONCEPTO: DRAGADO.  
 PUERTO: VERACRUZ.  
 FECHA: 13 Y 14 JUN 85.

1- En general el dragado no es problema, el acarreo litoral es bajo, el canal de navegación se mantiene en 32 pies (9.75mts.), de profundidad.

2- El único problema de dragado, es el mantenimiento de profundidades a pie de muelle principalmente donde convergen, se comentó que "Servicios de Dragado" no cuenta con el equipo adecuado para este mantenimiento.

3- La superintendencia de obras marítimas investigará y proporcionará los niveles máximos a los que es posible dragar en los diferentes muelles.

4- PEMEX detectó un bájó, a la cota -7mts. (23 pies) al Oeste del muelle petrolero cerca del muelle de alistamiento de AUVER (Astilleros Unidos de Veracruz), los Prácticos lo toman en cuenta para sus maniobras, sin embargo PEMEX contempla dragarlo.

5- El muelle 6 Sur, tiene una profundidad útil de 28 pies (8.5mts.), existen unos bajos de arena en la salida del muelle que es necesario dragar para agilizar la maniobra de los barcos.

CONCEPTO: DRAGADO.  
 PUERTO: COATZACOALCOS.  
 FECHA: 21 Y 22 FEB 85.

1- Se dragó a la -10.0mts. (33 pies) en los parámetros de los muelles.

2- Indican en la reunión de consulta, que se requiere el dragado a la largo de los muelles 1 al 8, a la -10.7mts. (35 pies) y en una franja de 230mts. de ancho, para facilitar la estiba de los barcos. La falta de remolcadores acentúa la necesidad de dragar este franja.

3- Anteriormente se planeaba construir una dársena de estiba de 360mts. de diámetro a -14mts. de profundidad, frente al muelle 5, pero se comentó que es más conveniente dragar la franja.

4- El azolve en época de lluvias llega a ser de hasta 2 pies (0.60mts.) por semana. Indicaron la conveniencia de construir, aguas arriba, una fosa de captación de azolves.

5- Se requiere dragar en la bifurcación del canal de navegación a Pajaritos.

6- PEMEX planea aumentar la profundidad a Pajaritos a 50 pies (15.24mts.) para dar servicio a barcos de 100,000 ton. Actualmente está limitado a 39 pies (11.9mts.) debido a un bajo que se encuentra frente a la comunidad de Allende.

7- PEMEX tiene planeado dragar y balizar el río hasta Minatitlán. Con lo que termina el reporte.

Existen por el momento tres proyectos de desarrollo para puertos mexicanos en los cuales el dragado representa un papel muy importante.

- |                    |          |
|--------------------|----------|
| 1- Puerto Vallarta | (S.C.T.) |
| 2- Lázaro Cárdenas | (MICARE) |
| 3- Mazatlán        | (S.C.T.) |

## 1) PUERTO VALLARTA.

### Estudio y proyecto del nuevo muelle y revisión de estructuras actuales en el Puerto.

La posición estratégica ocupada por Puerto Vallarta, como punto de escala de los barcos turísticos que parten de los puertos californianos del vecino país del norte con destino al puerto de Manzanillo y Acapulco, el incremento en el número y tamaño de las embarcaciones, aunado a que el Puerto cuenta con un solo muelle sobre el que pueden arribar cruceros del tipo Princess, ha ocasionado que al presentarse algunos barcos en forma simultáneas, tengan que fondear en las inmediaciones del Puerto; por lo anterior, es obio señalar la necesidad de construir instalaciones portuarias que permitan alojar, dentro del recinto, tres barcos al mismo tiempo; de forma que faciliten sus maniobras de atraque y amarre, reduzcan los riesgos de desembarco y den comodidad a los visitantes.

Con objeto de permitir el acceso de cruceros de 245mts. de eslora, 10.50mts. de calado, 30.50mts. de manga y 18mts. de puntal, se contemplan 2 etapas; una a corto plazo en la cual se profundizará la dársena hasta la cota - 12mts., se construirá un nuevo muelle localizado en la zona naval y se colocarán varios duques de alba de amarre mostrados en el plano, donde también se señala el camino de acceso al nuevo muelle y el canal de navegación que, en la etapa a largo plazo, se excavará para dar paso a las embarcaciones hacia la parte posterior de el estero "El Salado", en donde se proyecta la ampliación definitiva.

En este estudio se determinan los parámetros de diseño necesarios para llevar a cabo el proyecto del nuevo muelle ubicado en la zona naval y sus obras complementarias, mismos que se emplean en la revisión de la estabilidad del muelle actual, su tabla-estaca y los

taludes que circundan el vaso, los cuales son afectados por el incremento en la profundidad de la dársena ya que en su diseño original la superficie del fondo llegaba a la cota - 10mts.

Estudio geotécnico efectuado el 15 de diciembre de 1985.

a) Estratigrafía.

Los sondeos efectuados por la S.C.T., para exploración del subsuelo, en la zona del nuevo muelle, así como los que se realizaron para el diseño del actual muelle, son sondeos alterados de penetración standard, a los cuales se les obtuvieron contenidos de agua, por lo cual los análisis que se realizaron, ocuparon propiedades de correlaciones empíricas. En las figuras 1 y 2 se presentan los perfiles idealizados, así como las propiedades del subsuelo consideradas.

b) Análisis de estabilidad de taludes.

Con el plano actualizado de las zonas por dragar se revisaron algunos taludes críticos, concluyéndose que para un factor de seguridad de 1.5, el talud mínimo deberá tener una pendiente de 2.5:1 (2.5 horizontal por 1 vertical).

PROPOSICIONES

Con los datos obtenidos del estudio de geotécnica se concluye que el material producto de dragado es aprovechable para relleno, ya que en su gran mayoría se trata de arenas (blandas y compactas), con un pequeño estrato de arcilla blanda.

Dentro del desarrollo del proyecto se contemple ampliar algunas zonas terrestres para patios de servicios, por lo que el material producto de dragado puede ser utilizado en estas áreas. Teniendo en cuenta que el radio máximo de tiro sería de aproximadamente 1000mts.







y el volúmen a dragar es de 1'500,000 m3. El estudio de oleaje, agitación y resonancia efectuado por la SCT concluyó que el área marítima del puerto tendrá calma en un 95 % del año, por lo que este trabajo no se verá afectado por las ondulaciones. Con estos datos y no teniendo hasta la fecha un programa de obra definido se propone que el trabajo se efectúe con una draga estacionaria de succión y corte, de aproximadamente 1000 H.P. instalados, la cual nos daría una producción horaria de más o menos 600m3. Utilizando una tubería de un diámetro de 500mm teniendo un 80% del arrastre con tubería terrestre y un 20% con tubería flotante.

## 2) LAZARO CARDENAS.

Terminal de recepción y manejo de carbón de MICARE en el Puerto de Lázaro Cárdenas, Mich.

En dicha terminal, Minera Carbonífera Río Escondido, S.A. (MICARE), se recibirá carbón importado de varias procedencias, lo almacenará y posteriormente lo enviará a la Termoeléctrica que actualmente construye la Comisión Federal de Electricidad en Petacalco, Guerrero.

La terminal esta planeada con el fin de atender el consumo de 4 unidades de la Termoeléctrica, equivalente a 4 millones de toneladas por año (MTPA) de carbón, contemplándose la posibilidad de que sea necesario manejar en la Terminal de MICARE otros 2 MTPA de carbón adicionales en el futuro.

La Ingeniería básica de la Terminal ha sido desarrollada teniendo en cuenta el programa de CFE, el cual contempla la instalación de las unidades 3 y 4 de la

Termoeléctrica poco tiempo después de la entrada en servicio de la unidad 2. Además, considerando que se trata de la alimentación a una Termoeléctrica, se contempla la instalación de dos descargadores gemelos en el muelle y de dos apiladores-recuperadores de igual capacidad en el patio de almacenamiento, lo que permite contar con una máquina en el caso de falla de una de ellas.

Durante la actualización del Plan Maestro se reestudió la ubicación del muelle, la del patio de almacenamiento, la del trazo del transportador patio-planta, el arreglo y ubicación de la estación de mezclado. Los cuales quedarán ubicados según el plano anexo.

Los componentes principales de la Terminal son: el muelle, el sistema de manejo de carbón que incluye; los descargadores de barcos, los apiladores-recuperadores, el patio de almacenamiento, la estación de mezclado y la infraestructura y servicios auxiliares.

El muelle se deberá diseñar para atender naves de entre 30,000 y 150,000 TPM, aunque inicialmente se contempla dragar sólo para recibir naves de hasta 60,000 TPM. El muelle podrá alargarse para acomodar simultáneamente otro barco de 60,000 TPM para cuya descarga se requiere ampliar el sistema de manejo de carbón.

El patio de almacenamiento se sitúa junto al boulevard de las Bahías, en forma paralela a la propiedad de NKS y perpendicularmente al transportador que viene del muelle, el cual es paralelo al lindero sur de la propiedad de PEMEX. Esta ubicación es favorable considerando la dirección en que soplan los vientos reinantes, en relación a la orientación de las pilas de carbón, las cuales estarán circundadas por una barrera ambiental para mitigar el efecto de dispersión de polvo que puede ocasionar el viento.

Se contemple una estación de mezclado; para mezclar dos carbones diferentes y aprovechar así las ventajas de precio que ofrece el mercado.

El patio de almacenamiento de carbón cuenta con espacio suficiente para duplicar la capacidad inicial de almacenamiento de carbón en caso de una expansión futura. Se considera también la posibilidad de construir una espuela ferroviaria de tres vías para carga o descarga de carbón.

El trazo del transportador patio-planta es recto, por ser el más económico, y cruza el brazo San Francisco del Río Balsas y una zona de ejidos, apoyado sobre un puente. Se han tomado en cuenta los planes de rectificación del Río Balsas y los estudios de inundación hechos en el área de la terminal.

El transportador patio-planta entrega el carbón en un silo de regulación de CFE en la Termoelectrónica, punto en el cual se toman las muestras del carbón que llegan a la Central.

La Terminal contará con un sistema de prevención y control de contaminación del aire y del agua que entre en contacto con el carbón.

También contará con la infraestructura necesaria y los servicios auxiliares, como: caminos, ferrocarriles, energía eléctrica, edificios, redes de agua y alcantarillado, teléfonos, radio comunicación, drenajes fluviales, abastecimiento de combustible y red contra incendios.

Los criterios de diseño se basan en la planeación de la construcción y montaje del sistema de manejo del carbón. Utilizando métodos, mano de obra y equipos disponibles en el país.

Sobre esta base se desarrolló una programación de ruta crítica de 36 meses. Suponiendo que los equipos principales se adquirieran por medio de una licitación internacional, pueden tener un importante componente nacional de acuerdo a las conclusiones del estudio de participación de la industria nacional.

El estimado de costos se desarrolló según las cantidades de obra calculadas sobre los planos de ingeniería básica y de acuerdo a los criterios de diseño.

El costo total de la inversión estimada resultó ser de 95 millones de dólares, de los cuales 51 podrían ser erogados en moneda nacional.

El canal de entrada del puerto de Lázaro Cárdenas está orientado hacia el noroeste, con un rumbo de  $N 57^{\circ} 27' 40'' W$ . Actualmente la plantilla no está bien definida, variando en ancho entre 100 y 150 metros. El canal no está centrado entre las dos escolleras, estando su eje desplazado hacia la escollera sur (lado de Fertimex). La profundidad actual es nominalmente -14.0 mts. NBMI (Nivel de baja mar media inferior), con solamente -13.30 mts. en algunos puntos.

El ancho de la plantilla de la entrada en las escolleras, será de 200mts., abriéndose a 350mts. frente al muelle. Con el objeto de no interferir en la operación del canal, el parámetro de atraque está colocado a 52.5mts. fuera del límite de su plantilla, la cual se reduce después a 200mts. antes de la dársena de ciaboga. Actualmente se está completando el estudio de agitación, de cuyos resultados dependerá la geometría precisa de la plantilla del canal, entre su entrada y la dársena de ciaboga. Con el canal dragado, en esta forma, pueden recibirse en el muelle de la terminal barcos hasta de 60,000 TPM.

En el futuro, cuando se espera fletar barcos más grandes, hasta de 150,000 TPM, habrá que profundizar el canal y ensancharlo.

Las dimensiones máximas del futuro canal deberán ser:

18.0mts. de profundidad (NBMI), 250mts. de ancho de la plantilla en la zona de las escolleras y un ancho de 350mts. de la plantilla dentro del canal, sin incluir los 52.50mts. adicionales frente al muelle.

De acuerdo al Práctico del Puerto, en el canal de acceso hay una corriente hacia el mar que varía en velocidad normalmente entre 0.5 a 1.0 nudo según el número de generadores que estén funcionando en la presa "La Villita", ubicada aguas arriba del Río Balsas. A veces, cuando la lluvia es muy fuerte, hay que dejar pasar más agua al brazo derecho del Río Balsas y en esos casos la corriente aumenta según la cantidad de agua que fluye. En septiembre de 1984 el puerto estuvo cerrado por 20 horas a causa de la alta velocidad de la corriente, que llegó a 9.5 y 10.0 nudos en el canal.

Sin embargo cuando se concluyan los trabajos de rectificación del río se eliminarán estos problemas, porque la descarga de la Hidroeléctrica se hará en el brazo izquierdo del río. Actualmente, la salinidad en el canal varía según la cantidad de agua fresca que pasa. El peso específico del agua en el canal varía entre 1.0 (agua fresca) a 1.03 (agua salada del mar) con un promedio de 1.01. Como el calado de un barco varía con el peso específico del agua, los barcos pueden bajar un 2% entrando al canal. Un barco de 13.0mts. de calado en el mar, puede bajar a unos 13.26mts. de calado en el canal por la diferencia de peso específico del agua, pero este mayor calado se ha tomado en cuenta al proyectar el canal de acceso y la dársena de amarre de la Terminal con un máximo de 14.0mts. NBMI.

Por efecto del ancho, profundidad del canal, y la velocidad, los barcos en movimiento pueden bajar otros 30cm. efecto que en inglés se llama "squat" (cabeceo del barco). Si hay mucho oleaje entrando al puerto, el barco en sus oscilaciones verticales puede bajar unos 50 cm. en total. Por ello se proyecta el dragado del canal de entrada en - 14.50mts. NBMI.

La profundidad del agua frente al muelle será de 14.0mts. NBMI, pero el muelle estará diseñado para una profundidad futura de 18.5mts. que es la profundidad máxima del canal más 0.50mts. de sobre dragado.



### PROPOSICIONES

Debida a la cantidad (6'000,000 m<sup>3</sup>), tipo de material que hay que dragar (arena compacta), la profundidad (14.5mts.) y la distancia máxima de arrastre (2,500mts.) a la que hay que bombear el material. Además, considerando que los efectos del oleaje no son significativos se propone utilizar el siguiente equipo:

Se propone una draga estacionaria de succión y corte, con una capacidad mínima de 370,000m<sup>3</sup> por mes, o sea aproximadamente de 2,200 H.P. de fuerza en la bomba y un tubo de descarga de aproximadamente 75 cm. de diámetro, con una potencia instalada sobre el cortador de 500 H.P. La descarga del material será por medio de una tubería flotante intercambiable y dos líneas de tubería terrestre, con el objeto de no entorpecer la navegación. El material producto de dragado, utilizable 100%, será destinado a la ampliación de los patios de servicio del Puerto. Con una diferencia de altura, entre el lugar de descarga y el nivel del agua, de aproximadamente de 7mts. Esta draga nos dará 600 metros cúbicos de sólidos por hora efectiva de bombeo. Lo que nos llevaría un tiempo aproximado de 14 meses, estando dentro del tiempo programado de 18 meses para la ejecución de este trabajo.

### 3) MAZATLAN.

#### Proyecto de ampliación al canal de navegación y dársena del Puerto de Mazatlán, Sin.

El puerto de Mazatlán, Sinaloa, cuenta con un canal de navegación de 120 mts. de ancho y 11 mts. de profundidad, que se inicia en la bocana del entepuerto, formada por los rompeolas de Chivos y Crestón y con una longitud aproximada de 2 Km., llega a la dársena de

maniobras frente a los muelles fiscales, que tiene un ancho de 200 mts.

Por el intenso tráfico portuario que se realiza actualmente, debido al transporte de los derivados del petróleo, cereales y pasajeros, y considerando la importancia que la infraestructura de comunicaciones representa para el desarrollo económico del puerto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Obras Marítimas ha decidido llevar a cabo un estudio de factibilidad de ampliación del canal de navegación y dársena de Mazatlan, Sin.

En este estudio se aprecia que aunque el canal de navegación tiene un ancho aproximado de 120mts., se reduce considerablemente este valor en la zona de los muelles cuando se encuentra un barco atracado, ya que los 120mts. están contados a partir del parámetro del muelle.

#### Información Geológica.

De los estudios realizados por la residencia de obras del puerto de Mazatlan, se observó que la zona donde se ha detectado roca es la correspondiente a la dársena del muelle fiscal. La profundidad a la que aparece la roca varía entre 8 y 15mts. a partir del espejo del agua. Por esta razón, se ha dificultado la ampliación a la dársena en sus dimensiones de proyecto.

En los sondeos correspondientes al canal de navegación interior y a la propia dársena fiscal, se encontró arena fina limosa a partir del fondo marino, hasta la profundidad final de casi todos los sondeos, a excepción de los de la dársena fiscal en los que aparece roca.

En el estudio geológico efectuado se detectó material suave y granular, pudiendo a su vez corresponder a algunas gravas y arenas con conchas, pero que no presentan resistencia al dragado. También se detectaron materiales compuestos de tobas, y junto a estos



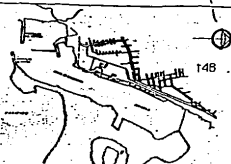
materiales pueden existir conchas cementadas (material semicompacto).

En aquellas zonas donde se localizó material compacto se refiere en general a una roca de origen intrusivo. La roca puede estar cubierta por sedimentos finos de arena de grano medio a fino y limos con algunos cantos rodados con predominancia de conchas, aunque este espesor es sumamente reducido.

En base a los resultados obtenidos se han determinado en general dos zonas principales que son:

La que se encuentra en el área de embarcaderos y que corresponde a rocas intrusivas en general, siendo estas muy compactas. Y la otra, que se encuentra ubicada frente al muelle fiscal y de la Armada en donde se detectaron, hacia el centro del área, materiales semicompactos.

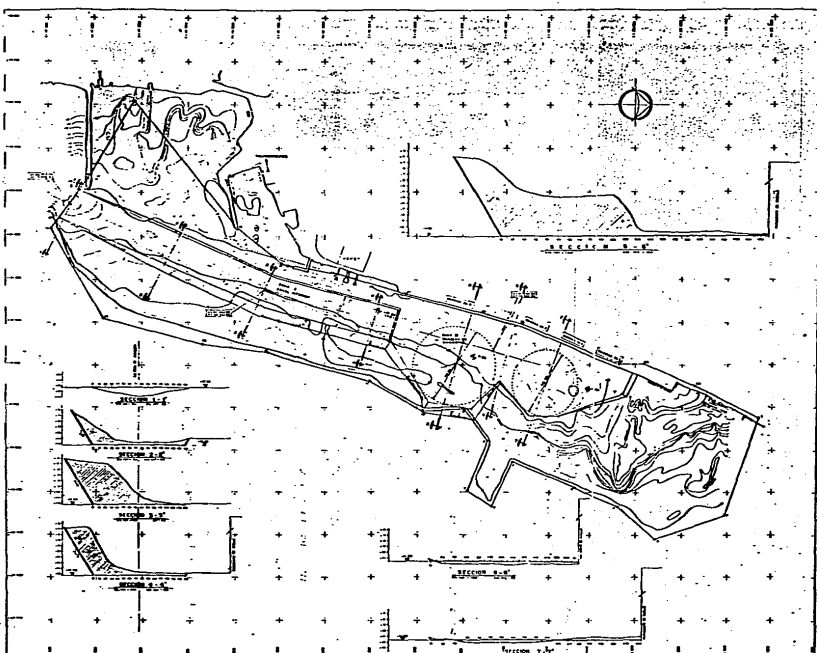
Por las características físicas de las rocas intrusivas, su resistencia puede presentar problemas para el dragado de tipo convencional. La base de partida para el proyecto de ampliación del puerto de Mazatlán; es permitir el acceso y maniobras de barcos de pasajeros de 250mts. de eslora y 12 mts. de calado, teniendo necesidad de un ancho de canal de 150 mts., una dársena media de 420 mts. de diámetro y un calado de 13.80 mts. Adoptando talúdes con relación de 6 a 1 que son los existentes en el lado Este del canal de navegación.



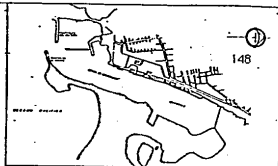
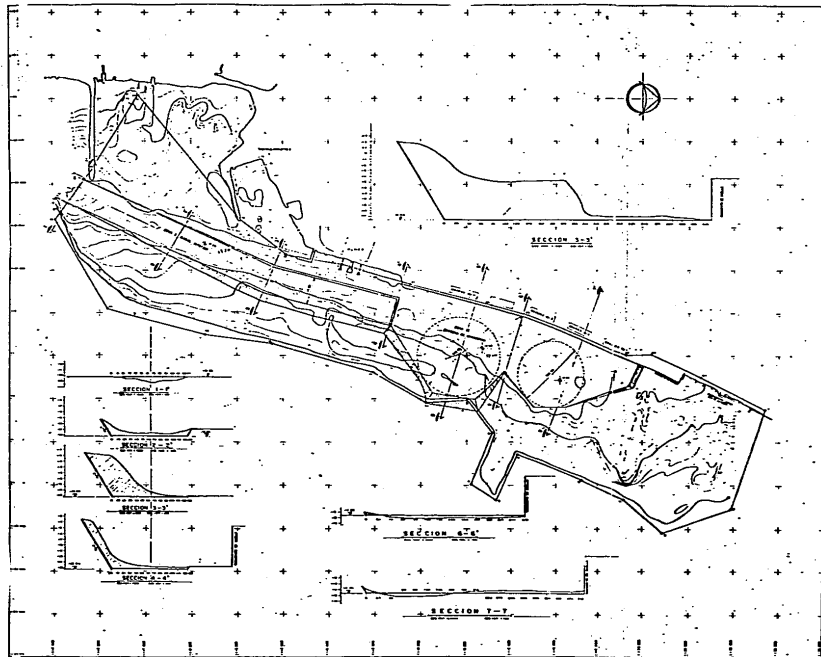
ESBOZOS DE LOCALIZACIÓN

VOLUMEN DE DRAGADO			
SECCION	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		TOTAL
	EN	CONTRA	
1	10000	5000	15000
2	20000	10000	30000
3	30000	15000	45000
4	40000	20000	60000
5	50000	25000	75000
6	60000	30000	90000
7	70000	35000	105000
8	80000	40000	120000
9	90000	45000	135000
10	100000	50000	150000
TOTAL	700000	350000	1050000

**NOTAS:**  
 1. Sección 1 y 2 de dragado.  
 2. Sección 3 y 4 de dragado.  
 3. Sección 5 y 6 de dragado.  
 4. Sección 7 y 8 de dragado.  
 5. Sección 9 y 10 de dragado.



PLANEADOR Y PROMOTOR DE 		<b>SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA</b> DIRECCION GENERAL DE OBRAS Y EQUIPAMIENTO DIVISION DE INGENIERIA DE OBRAS Y EQUIPAMIENTO SUBDIVISION DE INGENIERIA DE OBRAS Y EQUIPAMIENTO		PUERTO DE MACHALA DIVISION DE INGENIERIA OFICINA 701	
-----------------------------	--	---	--	--	--

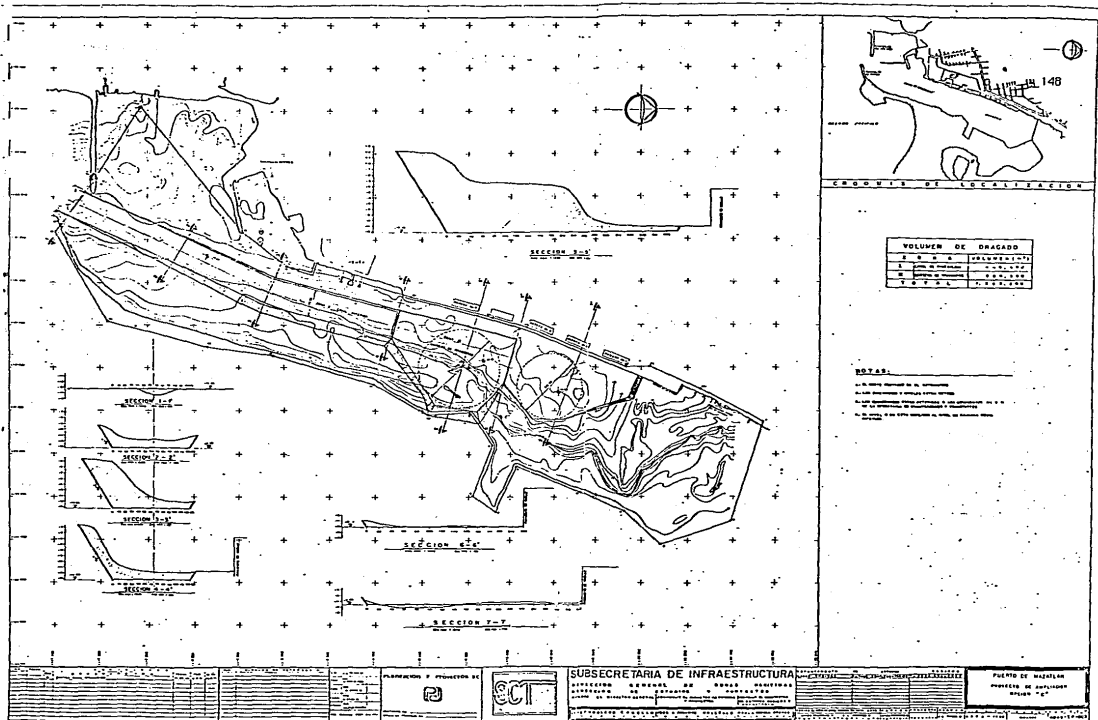


VOLUMEN DE CRUADO	
N.º	DESCRIPCION
1	Plan de cruceo
2	Plan de cruceo
3	Plan de cruceo
4	Plan de cruceo

**NOTAS:**

1. Se debe mantener en su totalidad.
2. No se debe modificar el ancho de cruceo.
3. Las dimensiones de los materiales a ser suministrados, deben ser las especificadas en el proyecto.
4. No se debe hacer modificaciones en los planos.

SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION DE DISEÑO Y PROYECTOS			VOLVIMEN DE CRUADO PLAN DE CRUCEO PLAN DE CRUCEO PLAN DE CRUCEO PLAN DE CRUCEO	PRIMER DE DISEÑO OFICINA DE DISEÑO OFICINA "A"
--	--	--	--	--



VOLUMEN DE DRAGADO	
1. Volumen de dragado	1.100.000 m <sup>3</sup>
2. Volumen de dragado	2.200.000 m <sup>3</sup>
3. Volumen de dragado	3.300.000 m <sup>3</sup>
4. Volumen de dragado	4.400.000 m <sup>3</sup>

**NOTAS:**

1. Se debe considerar el nivel de inundación.
2. Las obras de dragado se deben considerar en el nivel de inundación.
3. Las obras de dragado se deben considerar en el nivel de inundación.
4. Las obras de dragado se deben considerar en el nivel de inundación.

		<b>SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA</b> DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y DISEÑO	Puerto de Mazatlan Proyecto de Canales Etapa 1-1
		PLANIFICACION Y PROYECCION DE OBRAS PUBLICAS	

Obteniéndose un volúmen a dragar de:

1- CANAL DE ACCESO I	360,800	ARENA
2- CANAL DE ACCESO II	749,000	ARENA
3- DARSENA DE MANIOBRAS	503,600	ARENA
	138,000	SEMICOMPACTO
4- MUELLE DE PASAJEROS	244,400	ARENA
	60,000	ROCA
SUBTOTALES:	1'857,800	ARENA
	138,000	SEMICOMPACTO
	60,000	ROCA
TOTAL:	<u>2'055,800</u>	

#### PROPOSICIONES

Analizando los tres tipos de material a dragar, se agruparon de la siguiente manera:

1- Arena y semicompactos.

2- Roca.

Esta agrupación es debida a que se requiere utilizar diferente equipo para el dragado de estos materiales.

1- Arena y semicompactos.

Debido a la cantidad (1'995,800m<sup>3</sup>) el tipo de material, la profundidad (14.0m.) y la distancia máxima de arrastre (1800 m.) a la que hay que bombear el material, se propone el siguiente equipo:

Una draga estacionaria de succión y corte de aproximadamente 1,650 H.P. de potencia

en la bomba con un diámetro en la tubería de 650mm. y una potencia instalada en el cortador de 360 H.P. con una profundidad máxima de dragado de 22mts. Obteniendo una producción mensual de aproximadamente 218,000m<sup>3</sup>. Terminando esta etapa del dragado en 12 meses. La tubería será flotante en un 60% de su recorrido total. El material dragado será utilizado en reforzar los bordos que protegen la dársena de refugio de embarcaciones pesqueras.

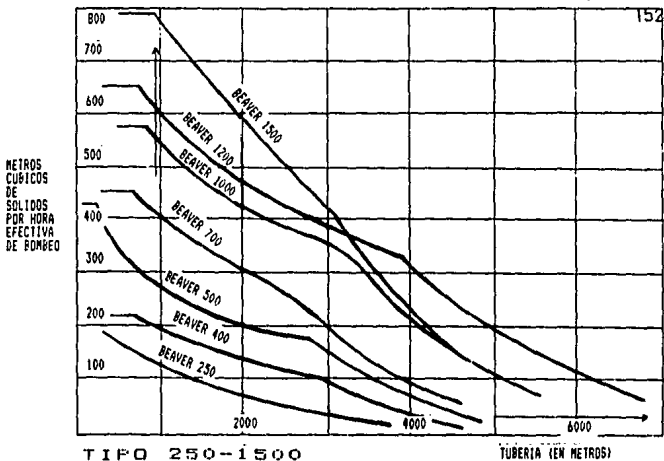
#### 2- Roca.

Para efectuar este trabajo se propone utilizar un perforador montado sobre chalán, cargando los barrenos con explosivos del tipo "kelly bar", y efectuando la extracción de los fragmentos con una draga mecánica tipo almeja de 4 yardas cúbicas. Depositando el material extraído sobre el mismo chalán el cual lo descargará posteriormente en tierra.

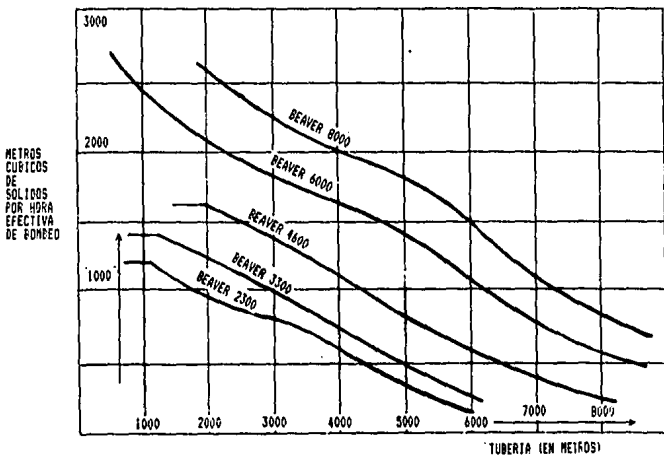
A continuación se presentan los datos técnicos y características de las principales dragas fabricadas por la Compañía IHC Beaver de Holanda la cual está considerada como una de las compañías más importantes del mundo.

MODELOS	250	400	500	700	1000	1200	1500	2300	3300	4600MP	6000MP	8000MP
POTENCIA BOMBA CV	200	300	400	500	700	840	1100	1650	2200	2X1650	2X1650 1X1000	2X2200 1X1000
DIAMETRO SUCCION mm	250	250	300 350	300 350 400	350 400 450	400 450 500	450 500 550	600 650 700 750	650 700 750 800	700	700 750	750 800
POTENCIA CORTADOR	45 70	45 70	45 70	70 120 150	120 150	150 230	150 230 360	230 360 500 750	360 500 750	500	1000	1200
PROFUNDIDAD DE DRAGADO HASTA (m.)	6 8 10	8 10	8 10	10 12	10 12	14 16	14 16	16 18 20 22	16 18 20 22	18	22	22
ESLORA CON PONTONES (m.)	14	14	14	17	19	25	25 26	36	36	67.50 49.50	72 55	76.5 60.0
MANGA CON PONTONES (m.)	5.94	5.94	5.94	6.04	6.04	6.99	6.99 9.11	9.98 10.9	10.92 11.90	13.00	14	15
PUNTAL (m.)	1.53	1.53	1.53	1.84	1.84	2.00	2.00	2.85	2.85	3.00	4.25	4.25
CALADO MEDIO CON COMB (m)	1.00	1.00	1.00	1.30	1.30	1.25	1.30 1.22	1.80 1.70	1.80 1.70	1.75	2.90	3.00
No. PONTONES	3	3	3	3	3	5	5	5	5	1	1	1

GRAFICA #1 ARENA FINA



TIPO 2300-8000

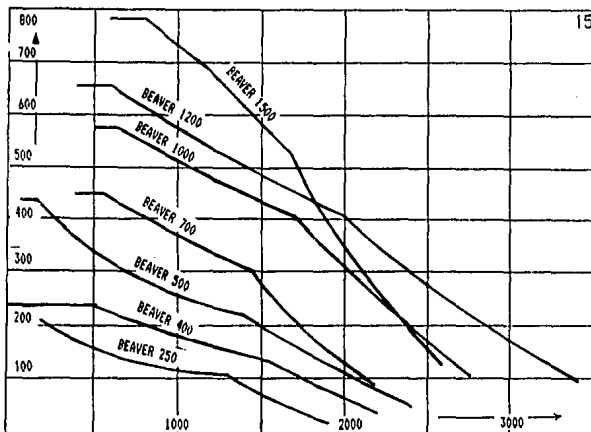




## GRAFICA #2 ARENA MEDIA

153

METROS CUBICOS DE SOLIDOS POR HORA EFECTIVA DE BOMBEO

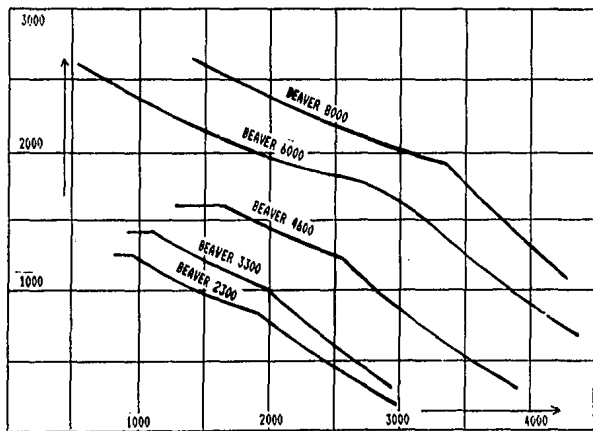


TIPO 250-1500

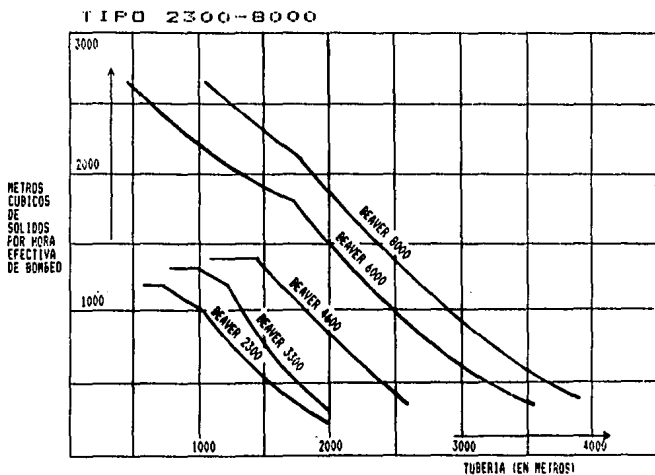
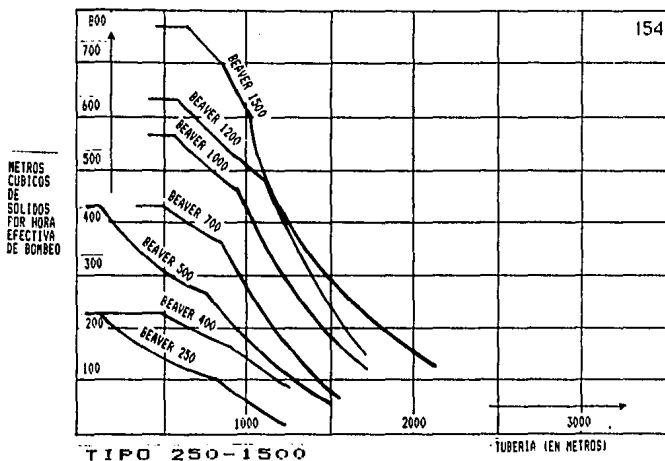
TUBERIA (EN METROS)

TIPO 2300-8000

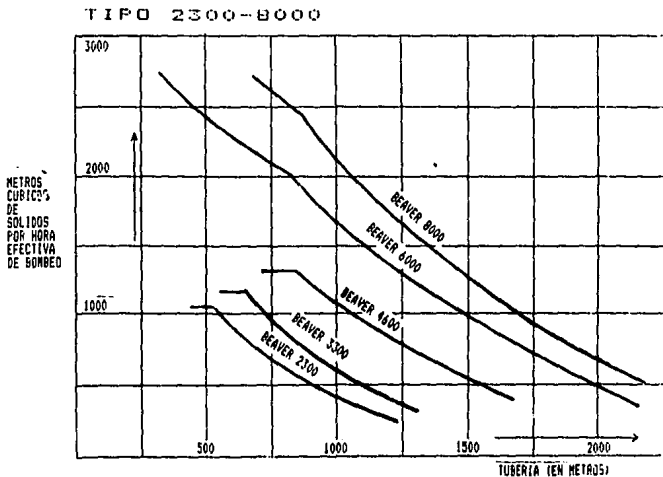
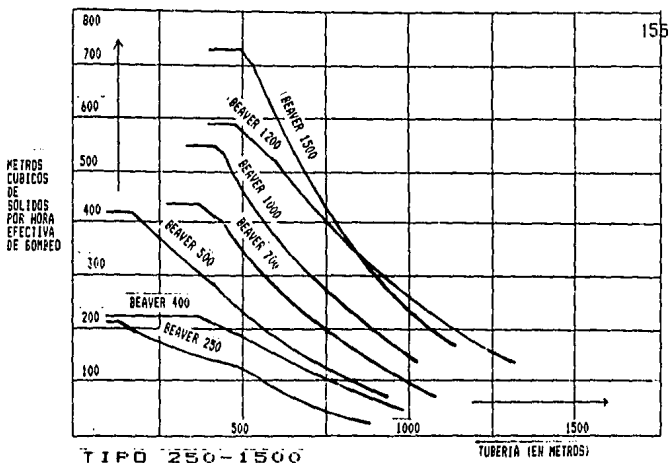
METROS CUBICOS DE SOLIDOS POR HORA EFECTIVA DE BOMBEO



TUBERIA (EN METROS)



GRÁFICA #4 ARENA GRUESA Y GRAVA



**CAPITULO 9**  
**BIBLIOGRAFIA.**

## 9. BIBLIOGRAFIA.

"HIDRAULIC DREDGING", John Huston, Cornell Maritime Press, Inc., Cambridge, Maryland, United States of America, 1970.

"PROYECTO DE AMPLIACION AL CANAL DE NAVEGACION Y DARSENA DEL PUERTO DE MAZATLAN, SIN", Planeación y Proyectos, S.C., Memoria del proyecto, Julio de 1985, México D.F.

"ESTUDIO Y PROYECTO DEL NUEVO MUELLE Y REVISION DE ESTRUCTURAS ACTUALES EN PUERTO YALLARTA, JAL.", Dirac. S.A. de C.V., Informe final de Hidráulica, Mayo 1985, México D.F.

"TERMINAL DE RECIBO Y MANEJO DE CARBON DE MICARE EN EL PUERTO DE LAZARO CARDENAS, MICH.", Minera Carbonífera de Rio Escondido, Ingeniería Conceptual y Básica, Diciembre 1985, México D.F.

"PRINCIPIOS BASICOS DEL DRAGADO HIDRAULICO DE CONSTRUCCION", Ing. José Mora Gomez, Centro de Educación Continúa, División de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Palacio de Minería, UNAM, Agosto 1980, México D.F.

"KOSTENNORMEN VOOR AANNEMERS MATERIEEL, ZEVENDE DRUK", Operating Cost Standards for Construction Equipment, Dredges, NIYAG, Samson Uitgeverij, Brussel 1980.

"REPORTE ANUAL DE DRAGADO 1985", Servicios de Dragado, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1985, México D.F.

"MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION", David A. Day, Editorial Limusa, 1978, México

"SOBRE TECNOLOGIA DE DRAGADOS", Eng. J.P.C. van den Kleboom, Centro de Educación Continua, División de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, Palacio de Minería, Marzo 1982, México D.F.

"MANUAL DE DRAGADO", Vicealmirante Ing. M.N. Mario Levalle Argudin, Secretaría de Marina, Enero 1972, México D.F.

CATALOGOS ILUSTRATIVOS DE:

"ROYAL VOLKER STEVIN", Rotterdam, Holland.

"THE DIXIE CORPORATION", Miami, Florida, U.S.A.

"DAMEN SHIPYARDS", Gorinchem, Holland.

"C.F. BEAN CORPORATION", New Orleans, Louisiana, U.S.A.

"VAN WOERKON, NOBELS & TEN YEEEN", Sliedrecht, Holland.

"INC BEAVER", Sliedrecht, Holland.

"VAN DE GRIJP BUIZEN B.V.", Papendrecht, Holland.