

---

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA  
I COLOQUIO NACIONAL  
JUNIO - JULIO 1971  
SANTIAGO - CHILE

---

INVESTIGACION PARA RACIONALIZAR LOS DRAGADOS EN PUERTOS  
Y VIAS NAVEGABLES CHILENOS

Salvador Tarodo E.

Ingeniero Jefe de Depto.  
del Instituto Nacional  
de Hidráulica

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

Dado el carácter amplio de este Coloquio, se presenta la siguiente contribución, con el objeto de mostrar un campo de aplicación interesante de la hidráulica, complementada por las técnicas oceanográficas, sedimentológicas, aplicación de radioelementos y estudios en modelo, en nuestro país.

La utilización de estas herramientas puede contribuir al logro del mejoramiento de las condiciones actuales en los trabajos de dragado y a la racionalización de los indispensables para el mantenimiento de zonas portuarias existentes, construcción de nuevas obras, despeje de accesos y vías navegables que deben emprenderse en los próximos años.

En esta rama de la hidráulica marítima resulta muy útil emprender este esfuerzo, por cuanto desde el punto de vista de la economía nacional, las inversiones necesarias anualmente para cumplir con los requerimientos de tránsito y transporte en nuestro litoral son importantes.

•//••

. Objeto del Estudio. La Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, consciente de la importancia económica que significa el mejoramiento de las formas de dragado que realiza en forma permanente a lo largo de todo el litoral, consulta con el Instituto Nacional de Hidráulica la elaboración de un plan de reconocimiento y estudios, conducente a racionalizar los sistemas actualmente en uso y desarrollar un programa de necesidades futuras en lo relacionado a los equipos por utilizar y las condiciones de empleo.

. Antecedentes Generales.

B.1 Inversión: En valores actualizados a marzo del presente año y en escudos, se da la cifra aproximada que en los últimos cinco años la Dirección de Obras Portuarias ha debido gastar en faenas de dragado ₡35.000.000. En este total no se consideran los valores invertidos por concepto de adquisición de dragas ni de administración, así como tampoco las pérdidas que por hundimiento de una de las más modernas y la de mayor valor, sufrió el país.

B.2 Atención de necesidades de dragado. Plan en actual ejecución: En forma muy resumida, se da a continuación las necesidades de este tipo de trabajo que en la actualidad están siendo atendidas, para poder llevar a cabo las labores constructivas y de embarque a lo largo de nuestro litoral:

San Antonio: Trabajos de eliminación de derrames provocados por la construcción del nuevo malecón de tablestacas en el lado sur-poniente del Espigón. Está siendo atendido este trabajo con la draga "Ing. Jorge Lira" del tipo rosario o de cangilones con los correspondientes gánguiles.

Talcahuano: Las labores de dragado que se realizan en la zona próxima al espigón del frigorífico estaban siendo atendidas por la draga "Ing. Jorge Lira" y por la "Hormiguita". De ellas, la que lograba un traba-

././...

jo en condiciones normales de rendimiento era la primera, cuanto el material que se trata de retirar es fango compactado. Debido a la prioridad que tiene el trabajo de San Antonio, debió abandonar esta faena. La draga "Hormigueta" no está capacitada para realizar todas las labores que se requieren en este trabajo y no se presta para extraer material en las condiciones del que existe en esa zona.

Valdivia: Dragados de mantenimiento en el track fluvial de navegación del río Valdivia y Calle-Calle, con recuperación de zonas inundadas. Está siendo atendido por la draga "Covadonga" de succión estacionaria y por la "Ing. Luciano Claude". Ambas trabajan en buenas condiciones en lo que se refiere al material extraído: arena.

Puerto Montt: Dragados en el canal Tenglo, de acceso a las nuevas instalaciones portuarias. El material extraído corresponde a los constituyentes del fondo, que es de canchagua. Lo atiende la draga "Eduardo Erlansén"-de succión estacionaria con cortador- es la única capacitada para este tipo de trabajos. Pero no aparece claro, sin hacer un estudio previo, si el lugar en que está siendo depositado el material extraído es el apropiado.

Punta Arenas: Dragados de mantenimiento del track de navegación en el Estrecho de Magallanes. Se retira material arenoso y fango. Atiende estos trabajos la draga "Chipana", de succión estacionaria con cántara y propulsión propia.

B.2.1 Material con que cuenta la D.O.P. para la elaboración del Plan anotado. Una draga de cangilones construída en 1951, que trabaja, según el caso, hasta con cuatro gánguiles de 150 m<sup>3</sup> de capacidad y puede alcanzar un rendimiento máximo de hasta 5.000 m<sup>3</sup> en 8 horas de trabajo efectivo en extracción de fango compactado. Tiene una profundidad normal de trabajo de 15 m, pudiendo alcanzar hasta 18 m como máximo.

Tres dragas de succión estacionarias, construídas en 1907, 1915 y 1961. Dos autopropulsadas y una de éstas, con cántara. Alcanzan rendimientos de 20 a 250 m<sup>3</sup>/h en arena. Sus profundidades máximas de trabajo varían de 5 m a 18 m.

Dos dragas de succión estacionarias con cortador y zancos, construídas en 1961 y 1969, no propulsadas, con rendimiento en arena de 200 a 250 m<sup>3</sup>/hora y en canchagua del orden de 40 m<sup>3</sup>/hora. Con profundidades máximas de trabajo de 10 a 15 m.

Siete remolcadores de diferentes características. Dos grúas flotantes de 30 y 50 ton, balsa de sondeos geológicos y algunos pontones.

B.3. Trabajos que es necesario emprender en los próximos años y condiciones sedimentológicas conocidas:

Antofagasta: Problemas de destace en roca frente al malecón poniente del puerto.

Chañaral: Dragado en arena fina en las cercanías al muelle mecanizado de embarque de mineral de hierro en Piedra Blanca. Retiro de gran volumen.

Coquimbo: Dragado de arena, arcilla y fango en las cercanías de la zona portuaria. Retiro de gran volumen.

Valparaíso: Dragado permanente de mantenimiento para retirar los materiales arrastrados por los desagües de la ciudad hasta las instalaciones portuarias. En época de lluvias principalmente debe retirarse arena gruesa, maicillo, fango y arcilla.

San Antonio: Dragado total de la zona de acceso y malecones de atraque en arena, para lograr una profundidad uniforme de 8,50 m. Retiro de gran volumen.

Talcahuano: Dragado en fango compactado, necesario para la ampliación del espigón del Frigorífico y mantenimiento permanente de otros sitios de atraque en la zona militar naval, tales como frente al molo 500.

Bahía de San Vicente: Dragado en arena en las cercanías al muelle de embarque de CAP. Retiro de gran volumen.

Lota-Coronel: Dragados de arena en las cercanías de los muelles de embarque mecanizados de carbón.

Valdivia: Dragados en arena para mantenimiento de las condiciones de navegación actuales y durante la construcción de las obras de encauzamiento. Retiro de parte de espigones hundidos existentes y puesta en sitio de materiales constituyentes de nuevas obras de encauzamiento.

Puerto Montt: Dragado en canchagua, ripios y material desconocido para habilitar las nuevas instalaciones portuarias en construcción en el canal Tenglo. Retiro de gran volumen. Es necesario realizar estudios oceanográficos y sedimentológicos para asegurar una efectiva labor.

Chiloé: Dragado de acceso al malecón de Castro, Quellón, Chonchi y otros.

Puerto Chacabuco: Dragado de acceso al muelle, en fango.

Porvenir: Dragados en arcilla con alto coeficiente de plasticidad.

Punta Arenas: Trabajos de mantenimiento permanente en las cercanías del Muelle Prat y accesos, además de los necesarios de construcción para nuevas obras en Bahía Catalina.

Canal Smith, Paso Summer: Dragado de gran cantidad de arenas en track de navegación.

El conocimiento de las condiciones sedimentológicas se reduce a las muestras de material que se tienen de los lugares en los cuales se encuentran trabajando las máquinas y a algunas referencias

que con motivo de construcciones locales u otras faenas, gente del lugar ha podido proporcionar.

B.4 Breve reseña de las técnicas utilizadas en este tipo de trabajo:

B.4.1 Levantamiento hidrográfico. Con el objeto de conocer las condiciones existentes de la topografía del fondo en un momento dado, y al mismo tiempo cuantificar y programar los trabajos necesarios para obtener zonas que cumplan con las condiciones de profundidad requeridas, tanto para la navegación en vías de tránsito y acceso a los puertos, como para el acercamiento de las naves hasta los lugares de atraque y embarque, se hace necesario contar con planos detallados que presenten las mencionadas condiciones.

La comparación de planos ejecutados en diferentes etapas permite establecer las variaciones de profundidades y con ello los desplazamientos del sedimento sobre el fondo.

Los planos topográficos del fondo: máximo, fluvial o lacustre, se logran mediante los denominados "levantamientos hidrográficos".

Se hace necesario anotar que la calidad de estos trabajos puede resultar muy variable en cuanto a la bondad de la ejecución y a los abundantes motivos de error en los que puede incurrirse por el número de parámetros que en él intervienen.

En este tipo de labor siempre se podrá contar con un plano y un resultado, pero en muy señaladas circunstancias con un alto nivel de precisión.

Son motivos de especial estudio y cuidado en estos casos: el nivel de referencia, los métodos adoptados para determinar la posición del medio utilizado para medir la profundidad, y la técnica misma de medición de ésta.

B.4.2 Estudio de los fondos. Es de imprescindible necesidad realizar un reconocimiento previo de la constitución propia de los fondos interesados para determinar el tipo de trabajo que debe emprenderse y los elementos necesarios para lograr el objetivo perseguido.

La extracción de muestras o testigos, se realiza mediante elementos apropiados en cada caso. Si se trata de reconocer la superficie del fondo marino cuando ella está recubierta con arena, limos, fango, arcilla plástica u otros sedimentos, se deben utilizar los sacamuestras del tipo cono, mandíbula, de arrastre, etc. Cuando sea necesario reconocer en profundidad la constitución del fondo se podrán obtener por medio de sondas, de percusión o rotatorias en los casos de canchagua, rocas o sedimentos endurecidos, o de presión hidráulica o de aire, cuando el estado de los sedimentos lo permita.

Estas muestras o testigos una vez analizados en laboratorio y estudiados como corresponde, permiten confeccionar los programas de trabajo y estimar los costos y tiempos de ejecución de los mismos.

B.4.3 Dragados, destaces y elementos apropiados para su realización. Los dragados y destaces subacuáticos presentan las mismas tres principales características que cualquier trabajo de movimiento de materiales: extracción, transporte y depósito. Estas tres fases, según el caso, pueden y deben ser realizadas por una misma máquina o elemento, o cada una o en par, por elementos separados y propios.

Estos tipos de trabajo tienen por objeto diferentes fines. Creación o logro de zonas nuevas con profundidad mínima en dársenas, zonas de atraque, canales de acceso a puertos o de tránsito. Trabajos complementarios de construcción en

canalizaciones, muelles, malecones, etc. Mantenimiento de condiciones obligadas de profundidad en los casos en que por la naturaleza de los fondos o lo expuesto del lugar a la acción dinámica de sedimentos u obras de desagüe, así lo requieren. Retiro obligado de los materiales que durante la explotación de los puertos van diezmando las profundidades de construcción. Finalmente, la extracción y puesta en sitio de los materiales de relleno necesarios para la construcción de obras portuarias de relleno, industriales y viales o de otro tipo.

La técnica de estos trabajos es pues la misma que la que se sigue en el movimiento de gran volumen de materiales, pero adicionalmente deben considerarse otros factores propios y que representan los más serios inconvenientes, obligando a la fabricación, en algunos casos, de mecanismos muy particulares. Entre estos factores, se pueden mencionar: el movimiento por oleaje, corrientes o viento de la estructura muy a menudo flotante, y principal del mecanismo. Posibilidades de pannes durante el trabajo agravadas por existencia de marea o corrientes de marea. Riesgos propios del trabajo marítimo o fluvio-marítimo, como el encallar. Gobierno de la elinda en trabajos a profundidad. En lugares alejados de la costa, dificultades de posición y ubicación. Trabajos en sitios que a menudo deben ser frecuentados por otros navíos con los propios inconvenientes de interrupción y reanudación de faenas, movimientos que afectan a la elinda, etc.

Las máquinas o elementos que se requieren para la ejecución de estos trabajos, deben cumplir con requisitos propios de diseño y construcción apropiada para los trabajos marítimos, y al mismo tiempo someterse a la reglamentación internacional de los organismos especializados para este efecto.



También muchas veces el personal, sobre todo en las dragas autopropulsadas, debe cuando la navegación así lo obliga, estar constituido por oficiales titulados y debidamente autorizado por las entidades competentes. Es por ello que en estos casos se debe contar con dos especialidades entre la tripulación, los técnicos dragadores y los navegantes.

B.4.3.1 Diversos tipos de dragas y máquinas. Utilización apropiada de ellas. En este tipo de trabajos se pueden dividir los elementos por utilizar en dos grandes grupos: las dragas, que pueden retirar diversos materiales no suficientemente compactados desde el fondo subacuático y las máquinas destazadoras, que son imprescindibles para destrozarse y permitir la extracción del material en los casos en que las primeras no lo puedan hacer directamente.

Las dragas a su vez pueden ser: sólo de extracción y en este caso deben entregar el material retirado a otro elemento para que lo traslade al lugar de depósito, o de extracción y transporte, cuando ellas mismas realizan el traslado viajando con el material extraído hasta el lugar de depósito o impulsándolo a través de tubería cuando el elemento extraído lo permite. Otra división de las dragas puede ser sin propulsión y autopropulsadas.

Por mencionar algunos de los elementos del primer grupo, se anotan a continuación los siguientes: dragas grúas, de concha de almeja y de rastra; dragas de pala mecánica, como las de cuchara. Estos dos grupos se instalan generalmente sobre embarcaciones livianas autopropulsadas o no. En algunos casos incluso cuentan con cántara. Dragas de canchilones, pueden ser también autopropulsadas o no y generalmente trabajan valiéndose de equipo accesorio compuesto por gánguiles y remolcadores; dragas de succión, pue-

den ser estacionarias y de trabajo en marcha; las primeras pueden ser autopropulsadas o no. Algunas cuentan con cortadores para asegurar la buena penetración de la elinda en materiales cohesionados, y las más modernas del segundo tipo suelen ser múltiples y con extremos diversos según sea el tipo de material que deben extraer. Algunas de éstas tienen cántara y otras sólo impulsan la emulsión mediante cañerías flotantes o dispersadores según el caso.

El segundo grupo lo constituyen las máquinas utilizadas para romper y destronar los fondos que se hace necesario retirar cuando ellos están constituidos por elementos cohesionados no fáciles de excavar por las dragas, o por enrocados. Algunas de ellas son: el pilón de caída libre montado sobre un pontón y activado por una cabria u otro elemento; martillos con trépano activados por aire comprimido, campana neumática o torres con perforadores, etc.

Finalmente las técnicas modernas de uso de explosivos resultan muy útiles en este tipo de labores y contando con los dos elementos antes indicados para la realización de las perforaciones necesarias, permiten la realización de trabajos de fundamental importancia.

- B.4.3.2 Elección de la máquina apropiada y utilización de los diferentes tipos. La elección de la máquina más útil para la ejecución de un determinado trabajo de dragado o destace, debe considerar los siguientes factores: cantidad y calidad del material por extraer, desplazamiento del mismo, condiciones atmosféricas y oceanográficas, seguridad del personal que involucra, entre otras cosas, comunicaciones rápidas y modernas para tener las informaciones imprescindibles desde las estaciones terrestres directivas de los trabajos. En todo

caso resulta muy difícil dar reglas absolutas y cada caso constituye un especial motivo de estudio.

Pero entre estas reglas absolutas, hay una que debe cumplirse siempre, y es la relacionada con la ejecución de un estudio serio previo a cualquier trabajo, por la seguridad necesaria que se debe dar al personal, lo oneroso que generalmente resultan y el monto de la inversión de las maquinarias y demás elementos.

Las dragas del primer grupo adolecen de poco rendimiento; las de concha de almeja dan 30 a 40 m<sup>3</sup>/hora en arena y él baja mucho en ripios y otros materiales cohesivos. Se usan en muy variados tipos de trabajos. El rendimiento de las de cuchara, varía mucho con el tamaño de las mismas que va hasta 6 m<sup>3</sup>. Trabajando en buenas condiciones dan un promedio de 40 a 50 cucharadas por hora. Muchas veces estas últimas, por tener que trabajar sobre apoyos, se independizan de la acción del oleaje y marea. Las dragas de este grupo son muy útiles para el retiro de elementos removidos o preparados por trabajos de destace o demolición de obras. Tienen también las de cuchara buen comportamiento en arcillas de alta plasticidad, lodos sedimentarios compactados, ripios, etc. Su alcance llega a veces hasta los 20 m de profundidad.

Las de cangilones o de rosario, tienen un rendimiento, en tiempo efectivo, dado por  $Q = 0,06 VNK$ , donde:

Q, rendimiento en m<sup>3</sup>/h

V, volumen de cada cangilón (litros)

N, velocidad de la cadena soportante (Nº de cangilones/min)

K, coeficiente de eficacia para cada material, comprendido entre 0,95 para limo y arcilla blanda, 0,8 para arena gruesa y

0,6 para terrenos duros o con cierta coherencia, que pueden ser atacados por la máquina con una inclinación de la elinda de 45°.

Estos valores deben ser reducidos en porcentaje propio para las menores inclinaciones que pueden dar un llenado deficiente de los cangilones.

El rendimiento real depende de la organización del trabajo, y muy en particular, del tiempo que empleen en el cambio las embarcaciones de transporte y las faenas de amarras de barrido.

La profundidad de trabajo máxima y mínima depende de la máquina, y principalmente de la longitud de la elinda o del elemento de adaptación correspondiente. En todo caso las profundidades corrientes son entre 5 y 22 m; se evita siempre trabajar con bajos valores de inclinación, para lograr un conveniente llenado de los cangilones.

El trabajo de este tipo de dragas queda limitado por la amplitud de la ola, muy raramente pueden trabajar con alturas de onda superiores a 0,5 m, sólo excepcionalmente y mediante el empleo de dispositivos amortiguadores, pueden hacerlo hasta 0,8 m, debido al golpe de la elinda que la agitación provoca sobre el fondo.

Son de delicada maniobra y deben considerar todos los factores de flotabilidad y sujeción de amarras durante el trabajo de barrido en la zona comprometida: dirección del oleaje, viento y corrientes, longitud de amarras, choques de dragado.

Sus máquinas de dragado pueden ser a vapor - triple expansión, rápida o a flujo continuo, quemando petróleo - o Diesel eléctricas. Este último sistema no debe nunca

ser utilizado con transmisión directa por las sobrecargas bruscas a que quedaría expuesto el motor.

Las dragas de cangilones pueden ser utilizadas en casi todos los terrenos, limos, arenas, ripios, rocas partidas. El borde de ataque de los cangilones debe adaptarse al terreno, a veces resulta necesario proveerlo de dientes de acero endurecido o cuchillas apropiadas.

La capacidad de los cangilones puede variar entre 250 l y 1.500 l, llegando a veces en forma excepcional a los 2.000 l.

Las de succión tienen un rendimiento muy variado, que depende de la potencia de las máquinas, de los elementos suplementarios con que cuentan y de la organización del trabajo; varían entre 200 y 2.500 m<sup>3</sup>/h. El escurrimiento de las emulsiones en las cañerías al ser aspiradas e impulsadas, ha dado por resultado luego de muy variados estudios y experiencias interesantes conclusiones:

- 1) en emulsiones con elementos peléticos ( $\phi < 0,02$  a  $0,03$  mm) la pérdida de carga por unidad de longitud de ducto expresada en altura de emulsión, es la misma que en el agua:

$$j = \frac{0,016 v^2}{D \cdot 2 g}$$

V, velocidad media de escurrimiento en el ducto  
D, diámetro del ducto en m  
 $\phi$ , diámetro de los granos

- 2) Para arenas de granulometría fina (del orden de 0,05 mm por ejemplo) también la pérdida de carga expresada en altura de emulsión es igual a la pérdida de carga en agua.
- 3) Se puede separar los materiales en tres clases desde el punto de vista de la velocidad de caída de un grano:

si es proporcional al cuadrado del diámetro:

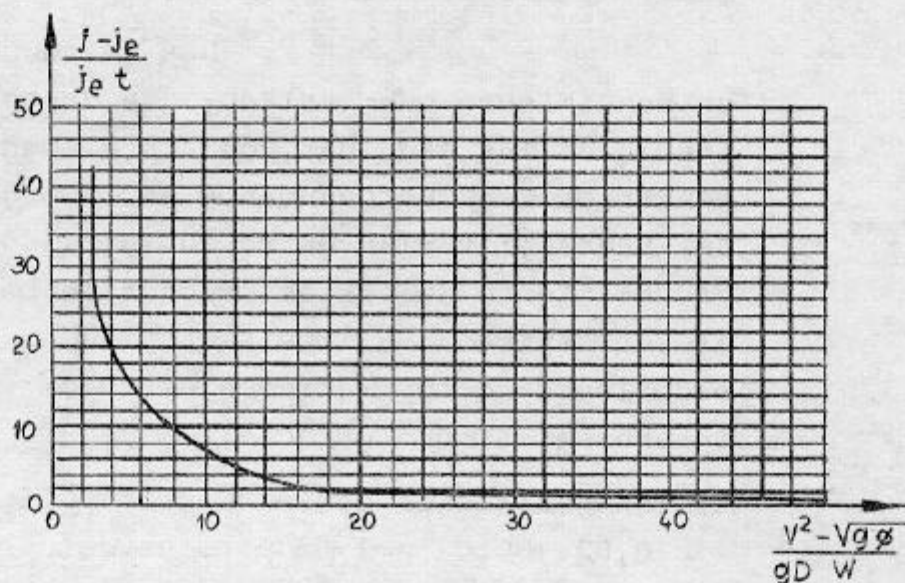
1ra. clase,  $0,05 \text{ mm} < \phi < 0,15 \text{ mm}$

intermedio: 2da. clase,  $0,15 \text{ mm} < \phi < 1,2 \text{ mm}$

si es proporcional a la raíz cuadrada del diámetro: 3ra. clase,  $\phi > 1,2 \text{ mm}$

- 4) Con un régimen sin depósito en un ducto, la pérdida de carga en altura de emulsión se expresa por medio de la fórmula:

$$\frac{j - j_e}{j_e t} = \left( \frac{v^2}{gD} \cdot \frac{\sqrt{\phi g}}{W} \right) W, \text{ velocidad de caída en m/s y queda definida por:}$$



- 5) Con un régimen de depósito es mucho más complejo, por la propagación de dunas. Para una emulsión de concentración dada en un ducto también conocido, la mínima pérdida de carga aparece en la vecindad del punto de aparición de los depósitos. La velocidad crítica correspondiente a este régimen depende de la concentración de la emulsión y del diámetro del ducto.

Para los diámetros de los ductos de impulsión utilizados corrientemente, esta velocidad crítica

tica varía entre 1,5 m/s con las arenas finas ( $\phi = 0,1$  mm) y 5 o 6 m/s, con las arenas gruesas ( $\phi = 1,2$  mm).

Una fórmula que relaciona la capacidad de los estanques receptores del material con el gasto de la bomba de:

$$Q = KC$$

Q, gasto (l/s)  
C, volumen de los estanques (m<sup>3</sup>)  
K, coef.: 2 para arena  $\phi \approx 0,15$  mm  
3 para arena  $\phi \approx 1$  mm

El tiempo de llenado de los estanques con arena ( $\phi = 0,1$  mm) es del orden de 1.000 m<sup>3</sup>/en 30 o 40 min; la presencia de limos aún en escasa proporción, disminuye rápidamente la velocidad de decantación de la emulsión en los estanques.

Las estacionarias son indicadas para la eliminación de bancos de arena de superficie reducida que exigen un funcionamiento muy preciso de la draga y poco extendidos para el buen uso de una draga en marcha.

Las de aspiración en marcha constituyen el elemento más completo entre las dragas de succión; son generalmente muy completas teniendo a veces entre su equipo aparatos de dragado en punto fijo y aún otra elinda disgregadora. A menudo disponen de más de una elinda para su trabajo en marcha. Son de gran potencia y dimensión. Se adapta muy bien a labores que sea necesario realizar en zonas agitadas o de fuertes corrientes y también en aquellos lugares en que debe obtenerse gran rendimiento, y las condiciones de marea no permiten un trabajo continuo, sino sólo durante fracciones de tiempo.

La elinda en este tipo de máquina desciende hacia la popa de la embarcación y su extremo que debe adaptarse a la forma del fondo por dragar, está formado por elementos intercambiables para poder así utilizar el adecuado para cada tipo de material. Así los hay para fangos, limos, arcilla blanda; tienen su entrada por el frente de avance y aún a nivel inferior que el de la superficie del fondo, pues este elemento trabaja semienterrado en él. Para arena gruesa se adapta una que se ensancha hacia el extremo y recibe el material por atrás siendo aspirado por la succión provocada por la máquina. Finalmente existe otro de percusión muy conveniente para terrenos coherentes y arena fina. La entrada del material se produce por debajo, la posición de este elemento en cuanto a su inclinación es decisiva en el rendimiento. A veces se aumenta la eficacia de la disgregación que este sistema provoca, inyectando agua a presión. Las elindas en general son complejas, debido a los requerimientos que se debe exigir, flexibilidad, posición de trabajo, comando, etc.

Para lograr el ángulo de ataque adecuado de cada elemento trabajando apoyado en el fondo, se hace necesario que ellos sean articulados y muy a menudo comandados. El control permanente se realiza mediante instrumentos que dan la medida del gasto sólido bombeado, la presión en la tubería, etc. También se dispone a veces de ecosondas instalados en el extremo que permite controlar su enterramiento, el que generalmente no debe pasar de 30 a 40 cm.

Las emulsiones obtenidas son de variada concentración dependiendo ésta del tipo de extremo y del terreno; van desde el 10 al 30% de productos sólidos, raramente se alcanza un 35%. La emulsión extraída es impul-



sada a veces a las cántaras propias que se vacian mediante clapetas de fondo o mediante bombeo para impulsarla a tierra. Algunas cuentan como se señaló anteriormente con dispersadores que alejan el material hasta una distancia necesaria. La dimensión de las cántaras debe estar en relación con la potencia de bombeo y el gasto de emulsión impulsado que reciben. Una relación común es 1 m<sup>3</sup> por 1,3 CV de potencia de bombeo, para máquinas con estanques entre 1.000 y 2.000 m<sup>3</sup>. Para facilitar la decantación y así obtener un mayor rendimiento de la capacidad de las cántaras con materiales sólidos, cuyo diámetro está comprendido entre 1 mm y 50  $\mu$ , se utilizan difusores que reducen la turbulencia a la llegada de la emulsión.

La necesidad de reducir los costos, lleva al empleo de dragas de gran potencia y capacidad. Las más modernas llegan a tener hasta 5.000 m<sup>3</sup> y se preven hasta de 9.000 m<sup>3</sup>, equipadas con cuatro elindas y aún un evacuador lateral de tipo dispersador. El empleo de máquinas de gran potencia mejora la eficacia del trabajo. Pero la limitación de máquinas de gran potencia es su calado, eslora y manga que a su vez hace que el empleo de ellas se circunscriba a sitios o zonas factibles.

La profundidad de trabajo puede alcanzar en condiciones de buen rendimiento hasta los 25 y 30 m. Para mayores profundidades es necesario dotar al dispositivo extremo, de un sistema que le proporciona aumento de velocidad en el agua mediante energía exterior, este dispositivo es independiente del disgregador hidráulico cuyo objeto es impeler una corriente de agua a presión y a veces en forma rotativa contra el fondo. Este sistema puede permitir -sólo cuando la máquina trabaja en forma estacionaria- alcanzar los 40 m de profundidad.

Finalmente el caso y las condiciones de navegación requeridas por este tipo de dragas las convierte en embarcaciones de gran estabilidad y maniobrabilidad.

Cuando por la dureza del terreno no es posible la utilización de dragas, se procede a romper el fondo mediante elementos tales como: el pilón de caída libre, martillo con trépano activado por aire comprimido, campana neumática para transformar las condiciones subacuáticas a trabajos casi normales de retiro de materiales en superficie y, finalmente también se recurre al uso de explosivos.

Como datos significativos se pueden dar algunos alcanzados en trabajos de esta naturaleza: 26 m<sup>3</sup>/hora de trabajo efectivo, con una cantidad de explosivo utilizado, de 1,20 kg/m<sup>3</sup> de roca -calcárea de dureza variable- retirada. Las faenas fueron hechas en superficies de 100 m<sup>2</sup> con perforaciones de 3m para los gros de profundización final de alrededor de 1m.

#### B.4.3.3 Organización de los trabajos. Trenes de dragado.

Cualquiera sea el fin de los trabajos de dragado: construcción, conservación, imprevistos, requieren una organización técnica y administrativa que todos los países hacen objeto de deliberado estudio. Los elevados costos de conservación, traslado y renovación del equipo hace que sea lógico contar aproximadamente con una amortización total en un plazo medio de 15 a 20 años, lo cual grava notablemente los precios de trabajo. Por otra parte, el hecho de que en innumerables ocasiones el personal de a bordo debe quedar regido por las reglamentaciones portuarias y de navegación, así como la difícil preparación del personal especializado. Unidas estas consideraciones a la reducción por gastos de traslados de equipos, a la in-

certidumbre y posibilidad de reclamos a que puede dar lugar este tipo de trabajos por calidades de fondo, coeficientes de entumecimiento, etc., eventuales fallas de aprovisionamiento de repuestos, internación de los mismos, derechos aduaneros, etc. Hace que por estas consideraciones, casi siempre los propios Estados posean los medios de dragado para las necesidades nacionales. La ocupación de empresas particulares de dragado se reduce a las obras nuevas en que es indispensable realizar importantes volúmenes de obra en tiempo reducido, para lo que se precisa la conjunción de grandes concentraciones de equipo.

Cuando por condiciones naturales del lugar no es posible mediante los medios hidrográficos medir el trabajo realizado, ya sea porque durante los trabajos de dragado se produzcan nuevos depósitos o socavaciones en cursos de ríos, estuarios o costas expuestas a tránsito litoral, se hace aconsejable que las mediciones y base de contrataciones de nuevos trabajos, se hagan sobre los productos extraídos medidos en las cántaras de la draga o gánguiles, o en los acopios que se van formando con los rellenos. Es necesario contar con un estudio del coeficiente de entumecimiento propio del material y medio empleado. Este coeficiente suele variar entre 10 y 35%.

Se indica a continuación la descomposición en porcentaje de algunos tipos medios de dragado, aun considerando la variación notable de los precios con las características de los mismos. Se trata de grandes máquinas trabajando en arena:

Dragado de 2 millones de m3:

Jornales 33%; combustible 14%; reparaciones 28%

Conservación ordinaria 10%; gastos generales 14%;  
agua 1%

Grandes dragados:

Jornales 27%; combustible 16%; reparaciones y conservación ordinaria 47%; gastos generales 10%.

Trenes de dragado: el conjunto de elementos que constituyen un equipo apto para la realización de un trabajo completo de dragado se denomina tren de dragado.

La composición de los trenes de dragado debe ser bien estudiada. Principalmente para la mejor utilización del material existente, ya que la gran variedad de casos de dragado y el alto precio de adquisición y conservación del material, hace que no siempre sea posible utilizar los medios más indicados para la tarea por ejecutar.

#### Estudios por realizar.

C.1 Revisión técnica de los trabajos en actual ejecución: Dada la gran variedad de trabajos de dragado que se realizan a lo largo de nuestro litoral y a la real capacidad de las máquinas con que cuenta para ello la D.O.P., resulta interesante lograr la mejor distribución de ellas tratando de obtener su máximo de rendimiento en cada una de las faenas en que intervengan. Para ello es necesario conocer perfectamente las condiciones en que cada trabajo debe ser realizado.

C.1.1 Estudios oceanográficos locales: El conocimiento de las condiciones oceanográficas del lugar -hidrografía, mareas, corrientes locales, climatología, etc.- resulta muy útil, y a veces imprescindible, para poder realizar exitosamente faenas de dragado. Como ejem -

plo, cabe señalar los casos en que debe conocerse perfectamente el movimiento de las masas líquidas provocadas por los agentes naturales -mareas, corrientes de pendiente, de salinidad o temperatura, vientos locales, oleaje, etc.- para la ubicación definitiva del lugar de depósito de los materiales extraídos durante las faenas de dragado.

La utilización de los radioelementos como trazadores, constituyen también, una herramienta valiosísima para investigar las condiciones oceanográficas en las que deben desarrollarse las faenas de depósito, dispersión y transporte de los materiales extraídos, asegurando con ello la debida programación para el logro eficaz y de menor costo del sistema.

Este tipo de estudio no resulta necesario en los casos en que por las circunstancias propias del lugar de trabajo, los desechos pueden ser evacuados en terraplenes, explanadas u otros lugares en tierra firme, siempre que estos lugares no queden expuestos a la dinámica propia del océano.

- C.1.2 Estudios sedimentológicos de las zonas comprometidas. Igual que en el caso anterior, el conocimiento integral del tipo de sedimentos que debe ser extraído en cada caso -características reológicas, velocidades de decantación y otros- lleva a proponer el más útil elemento para su retiro y la forma como debe organizarse la faena. La gran variedad de los mismos, que se presenta en nuestras costas -desde elementos pelíticos; limos; arcilla suelta, plástica y compacta; canchagua; ripios; arenas de todo tipo; fangos orgánicos, etc.- hace que antes de proyectar una labor de dragado sea necesario estudiar a fondo esta condición.

Las técnicas proporcionadas por la física y principalmente por una de sus ramas, la Reología, permiten analizar partiendo de leyes empíricas -modelos reológicos- los elementos constituyentes de los fondos y su comportamiento, cuando son retirados del medio y puestos en emulsión, transportados y depositados, ya sea en cántaras o en sitios de depósito.

- C.1.3 Estudios de óptimo rendimiento de los elementos disponibles. En este campo, además de elección de máquina, organización de faenas y disposición general de las mismas, es necesario estudiar el comportamiento hidráulico en las cañerías en los casos de dragas de succión, la decantación de los diversos materiales en las cántaras, el rendimiento de los extremos de elinda para diversas condiciones solicitadas -inclinación, tipo de material, pérdidas de carga, acción de elementos auxiliares, etc.- y en general, todos los factores de este tipo de trabajo.

En este caso, canales y modelos reducidos, pueden facilitar grandemente la obtención de resultados que faciliten el logro de este punto.

- C.2 Reconocimiento oceanográfico, geológico superficial y sedimentológico de las zonas interesadas en este plan: Entre los trabajos de terreno que se llevarían a cabo para la ejecución del estudio en cuestión, están aquellos que dicen relación con la oceanografía, como son: hidrografía, estudios de corriente, salinidad, etc. y algunas otras condiciones naturales locales. Dada la gran variedad de casos que existen en nuestras costas y que de acuerdo al plan deben ser abordados, como se estableció anteriormente, no todos los trabajos de dragado o destace, necesitarán los mismos estudios de terreno, aunque sin lugar a dudas hay algunos comunes a todos, como son: