

ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERIA PORTUARIA

CATEDRA  
INGENIERIA DE DRAGADO

PROFESOR TITULAR  
ING. RAUL S. ESCALANTE

TEMA 5  
ELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO

Marzo 2014

TEMA 5  
ELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO



## ÍNDICE

5	<u>ELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO</u>
5.1	CONSIDERACIONES GENERALES
5.2	ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN
5.2.1	<u>Características generales del proyecto</u>
5.2.2	<u>Características de los suelos</u>
5.2.3	<u>Profundidad de dragado</u>
5.2.4	<u>Condiciones ambientales</u>
5.2.5	<u>Nivel de producción requerido</u>
5.2.6	<u>Lugar y método de disposición</u>
5.2.7	<u>Aspectos logísticos</u>
5.2.8	<u>Nivel de contaminación de los sedimentos</u>
5.2.9	<u>Otros</u>
5.2.10	<u>Tipos de dragas disponibles</u>
5.3	MECANISMOS DE DRAGADO
5.3.1	<u>Flujo gravitacional</u>
5.3.2	<u>Excavación por erosión</u>
5.3.3	<u>Excavación por corte</u>
5.4	CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE DRAGADO
5.4.1	<u>Dragas mecánicas</u>
5.4.1.2	Draga de cangilones
5.4.1.3	Draga de cuchara de almejas
5.4.1.4	Draga tipo retroexcavadora
5.4.1.5	Draga tipo pala
5.4.2	<u>Dragas hidráulicas</u>
5.4.2.2	Draga Dustpan
5.4.2.3	Draga por inyección de agua
5.4.2.4	Draga de succión simple
5.4.2.5	Draga de succión por arrastre
5.4.3	<u>Dragas combinadas</u>
5.4.3.2	Draga de succión con cortador
5.4.3.3	Draga de succión con cortador vertical
5.4.4	<u>Otras dragas</u>
5.4.4.2	Rastra de fondo
5.4.4.3	Arado
5.5	ASPECTOS CARACTERÍSTICOS PARA LA ELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO
5.6	RELACIÓN ENTRE TIPOS DE DRAGAS Y SUELOS A DRAGAR
5.7	MATRIZ DE COMPARACIÓN
5.8	EJEMPLOS DE ELECCIÓN DE EQUIPOS DE DRAGADO
5.8.1	<u>Trinchera en Port Sudan</u>
5.8.2	<u>Puerto de Melbourne - Australia</u>
5.9	BIBLIOGRAFÍA

## INDICE DE FIGURAS

Figura 5.1	Croquis de una draga de cangilones
Figura 5.2	Croquis de una draga de cuchara de almejas
Figura 5.3	Croquis de una draga tipo retroexcavadora
Figura 5.4	Croquis de una draga de succión simple
Figura 5.5	Croquis de una draga de succión por arrastre

- Figura 5.6 Croquis de una draga de succión con cortador  
Figura 5.7 Rastra de fondo  
Figura 5.8 Aptitud de dragado  
Figura 5.9 Perfil longitudinal Port Sudan

#### ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 5.1 Aspectos característicos para la elección del equipo de dragado  
Tabla 5.2 Matriz de comparación  
Tabla 5.3 Comparación entre CSD y TSHD

## 5 ELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO

### 5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Dado un problema que requiere realizar tareas de dragado uno de los aspectos más importantes para la ejecución exitosa del proyecto es efectuar adecuadamente la elección del equipo de dragado más eficiente para realizar las tareas. Esta elección depende de una serie de factores que se enumeran en el parágrafo 5.2

Los equipos de dragado operan en función de determinados mecanismos de dragado que se detallan en el parágrafo 5.3

Una clasificación de los equipos de dragado en función de cómo efectúan su función y los diferentes tipos de dragas que se incluyen en cada grupo se presenta en el parágrafo 5.4 Se sugiere consultar también la referencia IADC (2011) "Facts about dredging plant and equipment"

Debe tenerse en cuenta que en muchas oportunidades el equipo ideal para la ejecución del trabajo no está disponible en la flota del Contratista sea porque no lo tiene o porque está ocupado en otras tareas de dragado o porque el área geográfica donde hay que realizar las tareas se encuentra muy alejada. Por ello en determinadas oportunidades se realizan algunas tareas con los equipos disponibles más que con los equipos más aptos.

En el desarrollo de los temas siguientes del curso se va a indicar para cada tipo de draga el tipo de proyectos donde realiza los trabajos de manera mas eficiente y cuales son las condiciones límites en las que puede operar.

Es importante destacar que existen diversos tipos de dragas y diversas formas de emplear cada una de ellas dependiendo de las características particulares de cada proyecto. Por otra parte ninguna draga está diseñada para dragar en todo tipo de condiciones o sea que hay una especialización de los equipos tanto por tipo de equipo como por tamaño.

El tipo y cantidad de material a dragar, el sitio de descarga, los factores ambientales reinantes, la disponibilidad de equipo de dragado apropiado o los costos de movilización son algunos de los factores que juegan un rol importante en la elección del tipo de draga a utilizar.

### 5.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN

La elección del equipo de dragado más adecuado para un determinado trabajo se realiza teniendo en cuenta una serie de aspectos siendo los principales:

Las características del suelo a dragar

La profundidad de dragado

Las condiciones ambientales

Con esta información el Contratista elige una o mas dragas apropiadas para el trabajo de su flota o se contacta con un proveedor de equipos de dragado para disponer del equipo mas eficiente desde el punto de vista técnico y económico para el trabajo.

Es necesario efectuar una evaluación correcta del proyecto pues incluso operaciones de dragado que aparentan ser simples pueden convertirse en

operaciones complejas. Incluso proyectos que no tienen gran escala pueden complicarse por el escaso margen de maniobra propio de los contratos pequeños.

A continuación se detallan los principales aspectos que influyen la decisión al elegir un equipo determinado. Los aspectos que se indican deben tomarse en su conjunto pues en algunos casos presentan requerimientos contrapuestos

#### 5.2.1 Características generales del proyecto

La definición del proyecto, el objetivo principal de las obras, el área geográfica donde se desarrolla y otros aspectos similares orientan en primera instancia sobre los equipos que pueden utilizarse.

#### 5.2.2 Características de los suelos

Las características de los suelos a dragar son el aspecto que mas influencia tiene en la elección del equipo. Además de las características físicas es importante conocer los volúmenes a dragar y su distribución espacial

#### 5.2.3 Profundidad de dragado

Las profundidades máximas a dragar, mínimas y las existentes en el trayecto a realizar entre el sitio de dragado y el sitio de descarga determinan condiciones límites para los equipos de dragado. Puede afectar el tipo de equipo que puede utilizarse o su importancia

#### 5.2.4 Condiciones ambientales

Dentro de las condiciones ambientales las condiciones de oleaje y corrientes pueden hacer que determinados tipos de dragas sean menos favorables que otras.

#### 5.2.5 Nivel de producción requerido

Determinados proyectos requieren niveles de producción que solo pueden ser obtenidos mediante determinado tipo de dragas o tamaño de equipos.

#### 5.2.6 Lugar y método de disposición

Debe considerarse la distancia entre el lugar de dragado y el lugar de disposición que puede ser determinante para elegir o desechar algún tipo de equipos. Asimismo debe tenerse en cuenta también las condiciones ambientales entre el sitio de dragado y el lugar de disposición

#### 5.2.7 Aspectos logísticos

Dentro de los aspectos logísticos a considerar se encuentra la fácil o difícil accesibilidad de los equipos de dragado a los sitios de trabajo. Asimismo la forma en que se va a realizar el transporte del material dragado hasta los sitios de descarga favorece la decisión hacia uno u otro tipo de equipos.

Los aspectos relacionados con la interacción entre los equipos de dragado y el tráfico de buques juegan un papel muy importante en el caso de proyectos relacionados con las vías navegables.

#### 5.2.8 Nivel de contaminación de los sedimentos

Si se trata de dragar sedimentos no contaminados o contaminados y su nivel y tipo de contaminación influencia el tipo de equipos de dragado a elegir

### 5.2.9 Otros

Hay otro tipo de requerimientos que pueden afectar directamente el tipo de equipo elegido. Entre ellos puede mencionarse los aspectos relacionados con el medio ambiente como por ejemplo las limitaciones de ruido u otros aspectos ambientales.

### 5.2.10 Tipos de dragas disponibles

Los equipos disponibles son limitados sea en la flota del Contratista o en la región donde se va a efectuar el dragado.

## 5.3 MECANISMOS DE DRAGADO

En el caso de materiales no cohesivos y cohesivos se pueden identificar tres mecanismos de excavación [Bray(1997)]

- que el material fluya por gravedad hacia una punto donde existe una succión
- excavación por erosión
- excavación por acción mecánica de corte

En la mayoría de los casos los mecanismos no se utilizan en forma exclusiva sino que se utiliza una combinación de ellos

### 5.3.1 Flujo gravitacional

Excavación por efecto de un flujo gravitacional es el proceso que se utiliza en dragas de succión estacionarias y comprende la creación de un talud inestable en el material. La producción de estos equipos está determinada por el caudal de material que puede fluir hacia el punto de succión. Cuando el cabezal de succión se introduce en el suelo la excavación inicial se produce por las fuerzas erosivas del agua que fluyen hacia la succión. En un periodo corto de tiempo, a medida que el tubo de succión se hunde, se forma un pozo circular, las paredes del mismo se alejan del punto de succión. La velocidad de propagación o “velocidad de la pared” depende exclusivamente de las propiedades de la arena. El talud de la pared suele ser mucho mas empinado que el ángulo natural de reposo de la arena. La “velocidad de la pared” es directamente proporcional a la permeabilidad de la arena e inversamente proporcional a la porosidad. La arena que se desploma de la pared se desplaza hacia el punto de succión como una corriente de densidad. El caudal sólido está determinado por una combinación de la “velocidad de la pared” y la profundidad del pozo mientras que la misma draga no tenga una limitación en la potencia de la bomba.

Las dragas de succión estacionaria se pueden usar solamente en el caso de arenas con una permeabilidad relativamente alta, donde se presenten muy pocas capas cementadas o capas intermedias de material cohesivo y donde el espesor de la capa de arena a dragar sea suficiente para permitir una profundidad razonable del pozo.

### 5.3.2 Excavación por erosión

La excavación por erosión es el método empleado por las dragas de succión por arrastre y las dragas Dustpan. En ambos casos la erosión es causada por el flujo de agua hacia el cabezal de succión. La producción depende principalmente de la densidad, permeabilidad y granulometría del material y de la forma en que operan las dragas. Es frecuente que además de la erosión los cabezales de las dragas de succión por arrastre incorporen dientes y/o chorros de agua para asistir el proceso

erosivo en materiales no cohesivos. Chorros de agua también se utilizan en los cabezales de las dragas Dustpan.

### 5.3.3 Excavación por corte

La excavación por corte de materiales no cohesivos en el caso de las dragas de succión con cortador y de cangilones es un proceso de corte a alta velocidad. Las fuerzas de corte dependen en gran medida de la porosidad, permeabilidad y ángulo de fricción interna de la arena además de la geometría del elemento de corte y la velocidad.

De los análisis teóricos surge que para las dragas de succión con cortador se obtiene mejor funcionamiento y eficiencia si se cumplen las siguientes premisas:

- la velocidad de corte es baja
- el diámetro del cortador es grande
- el número de hojas es alto
- el número de r.p.m es alto

El proceso mas lento de corte mecánico utilizado por las dragas de cangilones y por las dragas de cuchara está influenciado por la capacidad del cangilón o cuchara de penetrar en la arena y por lo tanto la tensión de corte del material se transforma en la principal propiedad del suelo. En materiales muy densos con una tensión de corte elevada se utilizan cucharas y cangilones pequeños y pesados, en algunos casos con el agregado de dientes para favorecer la penetración

## 5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE DRAGADO

Los equipos de dragado se pueden clasificar de acuerdo a cual es el principio básico que utilizan para ejecutar la excavación de los materiales en:

- dragas mecánicas
- dragas hidráulicas
- dragas combinadas

Dentro de estas categorías se puede realizar una nueva división en base a si las dragas son autopropulsadas o no ya sea durante la etapa de excavación, de transporte o ambas.

### 5.4.1 Dragas mecánicas

Las dragas mecánicas utilizan en principio el mecanismo de corte para penetrar el suelo. Estas dragas emplean equipos similares a los utilizados para movimientos de suelos en tierra firme. Poseen entre ellas una serie de aspectos en común, como por ejemplo, que el material se saca con poca perturbación y mínima dilución con lo que la eficiencia de las dragas mecánicas es alta desde ese punto de vista

#### 5.4.1.1 Draga de cangilones

Las dragas de cangilones son de un diseño muy antiguo y en un tiempo tenían una participación importante en la flota de dragado de Europa. La draga utiliza una serie de cangilones montados sobre una cadena que gira indefinidamente y se conoce como rosario de cangilones. Al girar la cadena los cangilones excavan el material del fondo, lo elevan con el cangilón en posición vertical hasta la parte superior de la escalera y luego vuelcan el material en una rampa al rotar el cangilón. El material se descarga en barcas para ser transportado al lugar de deposición. La draga de cangilones tiene un proceso prácticamente continuo de excavación.

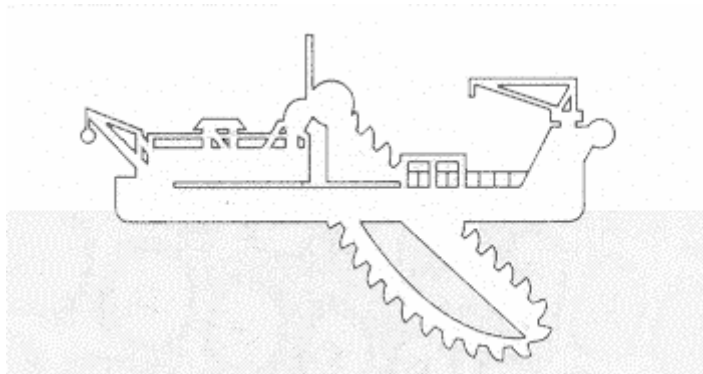


Figura 5.1 – Croquis de una draga de cangilones

La draga de cangilones puede ser utilizada para dragar un amplio rango de materiales incluyendo rocas blandas. Pueden en algunos casos ser autopropulsadas. En la actualidad han caído en desuso pues su producción es relativamente baja comparada con otras dragas, necesitan un campo de anclas para la sujeción del pontón que obstaculiza el tráfico de buques y son muy ruidosas durante la operación.

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar el Tema 6 de estos apuntes.

#### 5.4.1.2 Dragas de cucharas de almejas

La draga de cucharas de almejas está compuesta por una grúa que sostiene mediante cables una cuchara de almejas montada sobre un pontón. La cuchara se deja caer hasta el fondo donde penetra por su propio peso. Se cierra y por efecto de corte excava el material del fondo. Se eleva verticalmente la cuchara llena y el material se dispone en barcasas ubicadas al costado del pontón que son las que llevan el material al lugar de descarga. Una vez descargada la cuchara vuelve a su posición y recomienza el ciclo de dragado. Una ventaja de las dragas de cucharas es su capacidad para dragar en aguas relativamente profundas pues la limitación de la profundidad alcanzable está dada por la capacidad del tambor del guinche. Estas dragas son habitualmente no propulsadas y se mantienen en posición con un campo de anclas o a veces con pilones.

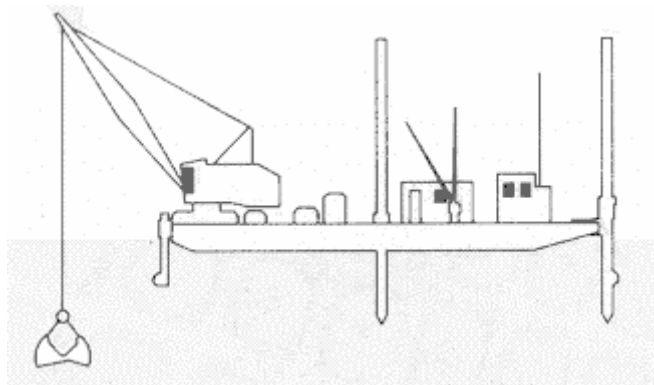


Figura 5.2 – Croquis de una draga de cucharas de almejas

Las dragas de cucharas pueden dragar arenas, algunos tipos de arcillas, gravas, cantos rodados y rocas partidas. No son muy efectivas para dragar limos finos pues tienden a volcarse en la elevación de la cuchara

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar el Tema 7 de estos apuntes.

#### 5.4.1.3 Dragas tipo retroexcavadora (Backhoe)

La draga tipo retroexcavadora se está usando cada vez más dentro de las operaciones de dragado.

Está compuesta por una retroexcavadora como las utilizadas en trabajos de tierra firme montada sobre un pontón habitualmente no autopropulsado que se mantiene en la posición mediante pilones. El material se excava del fondo y se coloca en barcasas. Presentan algunas limitaciones con las profundidades a dragar pero hay nuevos modelos que están aumentando la profundidad de dragado

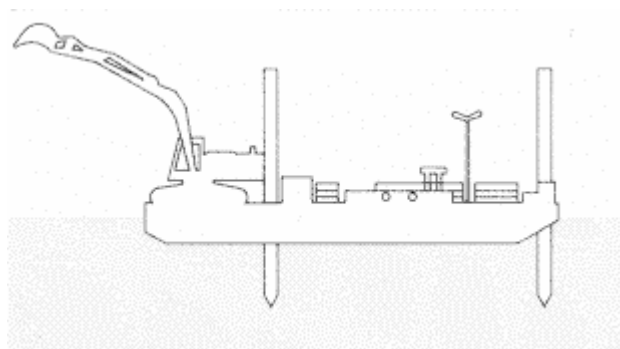


Figura 5.3 – Croquis de una draga tipo retroexcavadora

Las dragas tipo retroexcavadora pueden dragar un amplio rango de materiales tales como arenas, arcillas, grava, cantos rodados y roca fracturada. También roca sana moderadamente dura.

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar el Tema 8 de estos apuntes.

#### 5.4.1.4 Dragas tipo pala (Dipper)

Esta draga consiste en una pala cargadora montada sobre un pontón con muchas similitudes con la draga tipo retroexcavadora. Se colocan dientes en el labio de la pala para hacerlas más eficientes en el dragado de materiales duros. Se eleva el material y se descarga en barcasas abriendo el fondo del balde. Estas dragas son capaces de dragar rocas duras y materiales muy compactados. Tienen algunas limitaciones en lo que hace a profundidades a dragar. Mucho del trabajo que se ejecutaba mediante estas dragas se ejecuta en la actualidad mediante dragas tipo retroexcavadora.

#### 5.4.2 Dragas hidráulicas

Este tipo de dragas utiliza bombas centrífugas para producir la succión de agua que transporta el material dragado.

##### 5.4.2.1 Dragas Dustpan

La draga Dustpan es una draga que se utiliza en grandes ríos como el Mississippi o el Paraná. En nuestro país ha caído en desuso. La operación de dragado se realiza desde un pontón mediante un cabezal que se baja desde la proa y que tiene forma de cabezal de una aspiradora y de allí su nombre en inglés. Produce la succión

mediante bombas centrífugas y ayuda a la formación de la mezcla de agua y sedimento mediante chorros de agua ubicados en el cabezal. El material se descarga por medio de una tubería corta en zonas del río que tengan capacidad de transporte. Estas dragas dragan materiales no consolidados de reciente deposición con espesores pequeños en grandes áreas.

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar el Tema 11 de estos apuntes.

#### 5.4.2.2 Draga por inyección de agua

La draga por inyección de agua utiliza chorros de agua a presión para fluidificar el material de fondo a remover creando una corriente de turbidez. Esta corriente de turbidez se desplaza por medio de las corrientes existentes en el lugar. Se utiliza fundamentalmente para dragado de mantenimiento en puertos con equipos de pequeñas dimensiones. Es un procedimiento de bajo costo que está limitado al dragado de limos, arcillas no consolidadas y arenas finas

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar el Tema 12 de estos apuntes.

#### 5.4.2.3 Draga de succión simple

La draga de succión simple consiste en un barco que tiene un tubo de succión que descende hasta el fondo y que mediante la succión producida por las bombas centrífugas eleva la mezcla de agua y material hasta la superficie. La operación se realiza con el barco fondeado. La profundidad a alcanzar depende de la longitud del tubo de succión y para incrementarla la bomba centrífuga puede estar montada sobre el tubo de succión. Las dragas pueden tener cántara propia donde descargan el material o pueden descargarlo a barcazas o enviarlo mediante una tubería.

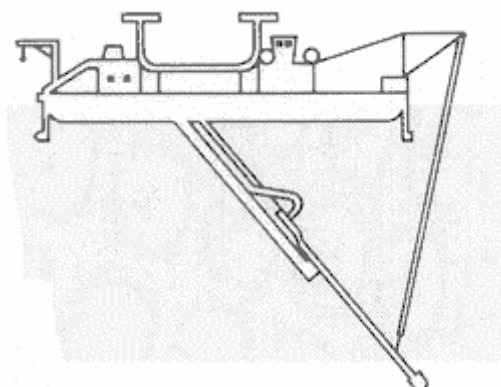


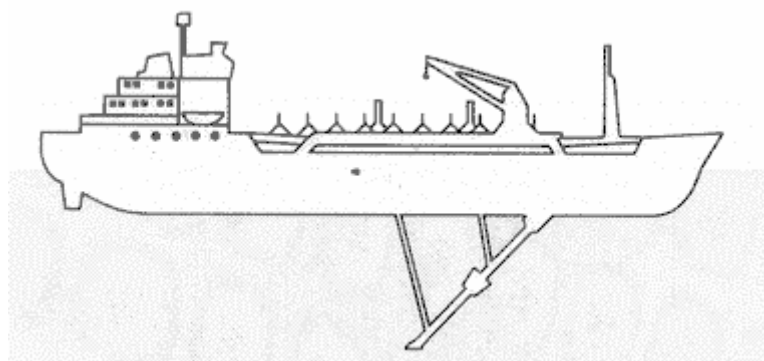
Figura 5.4 – Croquis draga de succión simple

Estas dragas son muy efectivas para dragar materiales no consolidados como arenas y gravas y se utilizan mucho en operaciones de dragado de materiales para la construcción. El resultado del dragado es un pozo en el fondo con forma de un cono invertido

#### 5.4.2.4 Draga de succión por arrastre

Las dragas de succión por arrastre (TSHD) son barcos autopropulsados que tienen cántaras en las que se coloca el material dragado. El dragado se efectúa mediante tubos de succión ubicados a los costados de la draga que se bajan hasta ponerlos en contacto con el fondo. El dragado se efectúa con la draga navegando a bajas

velocidades. La succión de la mezcla de agua y sedimento se efectúa mediante bombas centrífugas que pueden estar ubicadas en la bodega del buque o en el tubo de succión para aumentar la profundidad de dragado. El cabezal de dragado que está en contacto con el fondo tiene un diseño muy elaborado. A los efectos de aumentar la capacidad de disgregar el material de fondo al cabezal de dragado se le pueden adicionar dientes o chorros de agua de baja o alta presión.



*Figura 5.5 – Croquis de una draga de succión por arrastre*

Las dragas de succión por arrastre son muy flexibles en lo que hace a los tipos de material que pueden dragar, las posibilidades de disposición del material dragado y la posibilidad de trabajar tanto en aguas protegidas como no protegidas. Por estos motivos las dragas de succión por arrastre han tenido un gran desarrollo en lo que hace a tamaños de los equipos e incremento de su participación en la flota de dragado mundial.

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar los Temas 9 y 10 de estos apuntes.

#### 5.4.3 Dragas combinadas

Son dragas que combinan acciones mecánicas e hidráulicas para efectuar la tarea de dragado

##### 5.4.3.1 Draga de succión con cortador (CSD)

La draga de cortador consiste en un pontón o un barco que aloja las bombas centrífugas para producir la succión de la mezcla de agua y sedimento y una estructura en forma de marco denominada escalera que se baja hasta el fondo y que sostiene un eje con un cortador que gira en sentido normal al eje del tubo de succión. Este cortador es el responsable de la disgregación del material que al mismo tiempo es transportado por la corriente de agua generada por la succión. La draga trabaja en forma estacionaria desplazándose hacia un lado y hacia el otro a medida que va realizando el corte. La draga se mantiene en posición mediante pilones. El material dragado se transporta mediante tuberías hasta la superficie y desde allí se impulsa mediante cañerías hasta el lugar de descarga. Algunas están equipadas con dispositivos para la carga de barcasas. Algunas dragas grandes son autopropulsadas para permitir el desplazamiento entre sitios de trabajo.

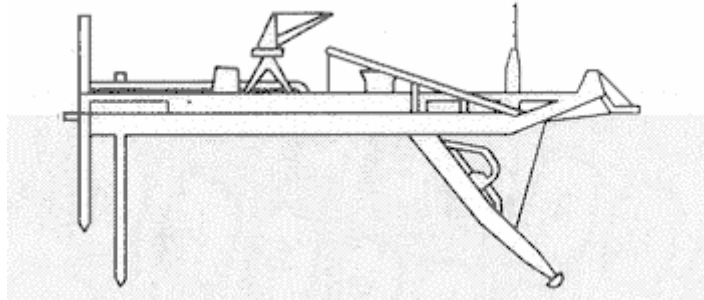


Figura 5.6 – Croquis de una draga de succión con cortador

Las dragas de succión con cortador tienen una producción muy elevada y pueden dragar todo tipo de materiales y son especialmente aptas para el dragado de rocas duras.

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar el Tema 14 de estos apuntes.

#### 5.4.3.2 Dragas de succión con cortador vertical

En inglés se denomina “Wheel suction dredger” Es una draga igual que la draga de succión con cortador con la única diferencia que el cortador rota en el sentido del eje del tubo de succión. Esta draga representa una tecnología relativamente moderna y se utiliza con frecuencia en emprendimientos mineros.

Para ampliar el tema y ver fotos y esquemas de esta draga se puede consultar el parágrafo 14.18 de estos apuntes.

#### 5.4.4 Otras dragas

Existen algunas dragas que no responden exactamente a las características mencionadas. Entre ellas se pueden indicar las que se mencionan en los párrafos siguientes

##### 5.4.4.1 Rastra de fondo (Bed leveller)

Este equipo consiste en una plancha de metal con dientes en su parte frontal que se arrastra por el fondo tirada por un remolcador. Pueden usarse como equipo de dragado independiente para desplazar material de un sitio a otro en distancias cortas o puede utilizarse como un equipo complementario de otros equipos de dragado, como puede ser una draga de succión por arrastre. En este último caso este equipo permite nivelar las imperfecciones de fondo que quedan después de efectuar la operación de dragado y que son muy difíciles de eliminar con draga de succión por arrastre [Bray (1997) p175]. En la Figura 5.7 se muestra un croquis de una rastra de fondo tirada por un remolcador.

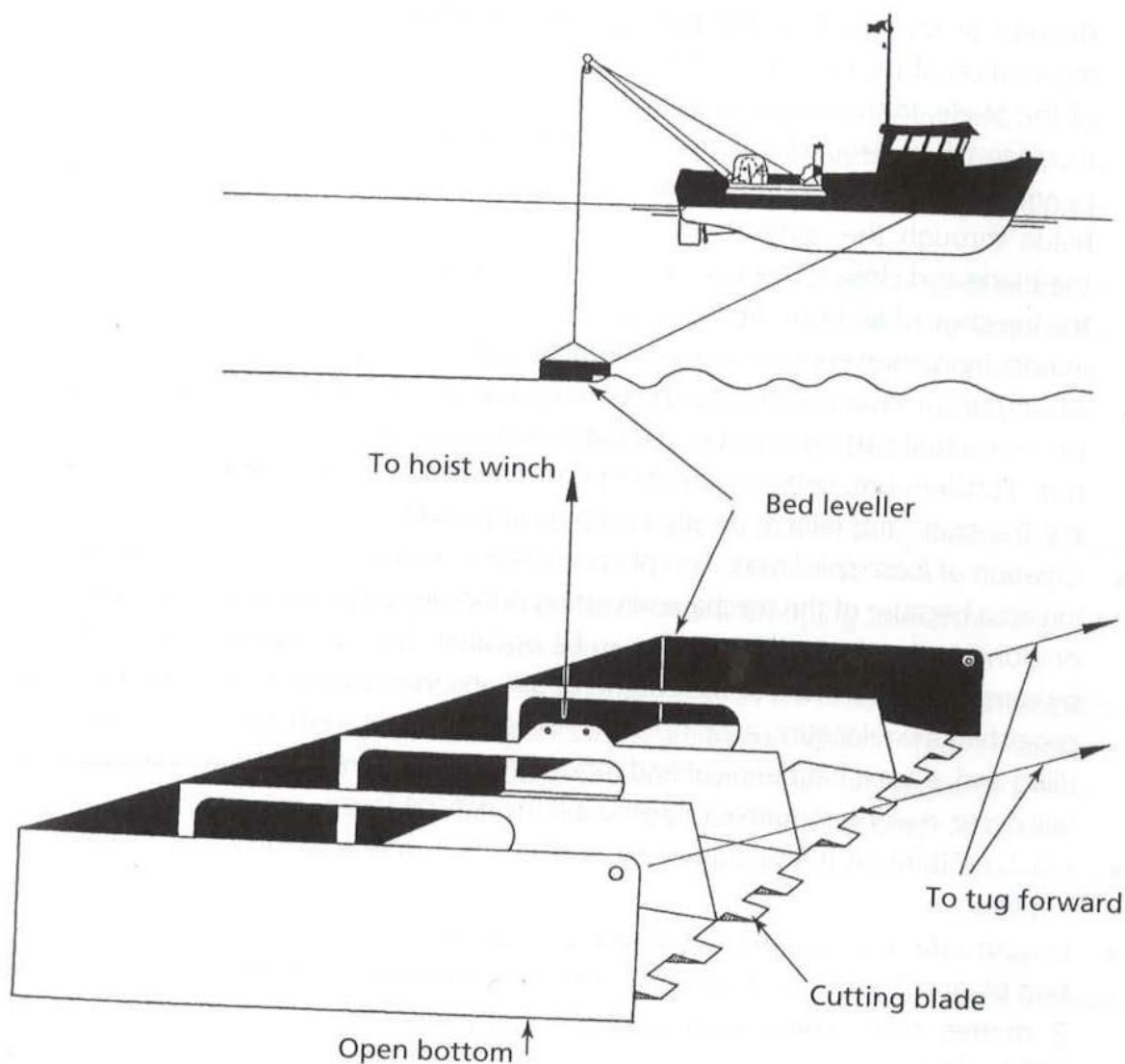


Figura 5.7 – Rastra de fondo

#### 5.4.4.2 Arado (Plough)

Tiene el mismo principio que la rastra pero con una diferente conformación que permite cavar un surco en el fondo para la conformación de trincheras, por ejemplo, para la instalación de tuberías

### 5.5 ASPECTOS CARACTERÍSTICOS PARA LA ELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO

En la Tabla 5.1 se incluye copia de una tabla denominada “How to select table” obtenida del sitio de IHC [www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com) . En ella se aprecian los campos de utilización óptimos para cada tipo de draga en función del tipo de suelo, estado del mar, condiciones del lugar, y otros aspectos a tener en consideración.

Tabla 5.1 – Aspectos característicos para la elección del equipo de dragado

Criterion equipment	Soil condition	Seastate and weather	Site conditions	Logistics	Production processing	Other
Cutter suction dredgers	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hard to soft material</li> <li>Cohesive material can block the cutter</li> <li>Max.diameter limited by cutter and/or pump</li> <li>Rock cutting with large types</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Positioning cutterhead strongly influenced by waves</li> <li>Floating pipeline limited by waves and current</li> <li>Sensitive to strong current</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Max.dredging depth ca. 30m, limited by reaction forces on ladder</li> <li>Uwp makes pumpprocess independent from dredging depth</li> <li>Moderate to good selectivity and accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hydraulic transport</li> <li>Suitable for long distances</li> <li>Pipeline and/or wires can hinder shiptraffic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production depending on pump and cuttercapacity, pump distance and pipe diameter, large range of possibilities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very large range of capacities available</li> </ul>
Wheel dredger	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wide range of soil conditions, less suitable for hard material</li> <li>Well suitable for cohesive material</li> <li>No blockage pump by large stones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strongly influenced by waves for positioning wheel often spudbarrier</li> <li>Floating pipeline limited by waves and current</li> <li>Sensitive to strong current</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Max.dredging depth ca.45 m, limited by reaction forces on ladder</li> <li>Uwp makes pumpprocess independent from dredging depth</li> <li>Good selectivity and accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hydraulic transport</li> <li>Suitable for long distances</li> <li>Pipeline and/or wires can hinder shiptraffic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production depending on pump and wheelcapacity, pump distance and pipe diameter</li> <li>With constant production rate and high concentration suitable for feeding treatment plant (mining)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Large range of capacities available</li> </ul>
Trailing suction Hopper dredger	<ul style="list-style-type: none"> <li>Loose gravel, sand and silt easily handled</li> <li>Clay or cemented sand with jets or knives on draghead</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very suitable to work in rough sea and currents</li> <li>Self-propelled</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dredging depth &gt; 70m for largest tshd</li> <li>Uwp makes pumpprocess independent from dredging depth</li> <li>Moderate selectivity and accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suitable for long distances</li> <li>Several unloading options possible (dumping, pumping ashore)</li> <li>High mobility</li> <li>Limited by draught</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production depending on pump and draghead capacity, pipe diameter and sailing distance</li> <li>Large capacities can be transported in hopper</li> <li>Overflow losses during loading</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very large range of capacities available</li> </ul>
Plain suction dredgers	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uncohesive sand, gravel</li> <li>Waterjets required for fines or very coarse material</li> <li>Interlayers of clay or cemented sand cause problems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suitable for moderate waves, new swell compensating system offers new possibilities</li> <li>Floating pipeline limited by waves and current</li> <li>Sensitive to strong current</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Max. Dredging depth ca. 50m, no cutting forces on ladder</li> <li>Uwp makes pumpprocess independent from dredging depth</li> <li>Non selective, crater-like bottom profiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hydraulic transport</li> <li>Suitable for long distances</li> <li>Pipeline and/or wires can hinder shiptraffic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production depending on pump capacity, pump distance, pipe diameter and breaching capacity soil</li> <li>High concentration possible in easily breaching material</li> </ul>	

Criterion	Soil condition	Seastate & weather	Site conditions	Logistics	Production - processing	Other
<p><b>Crawler</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-cohesive soil, clay and silt with bottom disc cutter</li> <li>• Resuspension of silt by tracks</li> <li>• Not suitable for hard materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Independent of waves and current by spuds, limited by small size of equipment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Max. Dredging depth ca. 10m</li> <li>• Excellent selectivity and accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulic transport</li> <li>• Suitable for long distances</li> <li>• Pipeline can hinder ship traffic</li> <li>• Very high mobility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pump installation equal to small cutter suction dredger, production item</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bottom pressure of tracks adjustable with portcon draught</li> </ul>	
<p><b>Bucket ladder dredger</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Large number of soil types incl. Soft rock</li> <li>• Sticky clay gives problems with unloading bucket</li> <li>• Fines can be washed out of the bucket</li> <li>• Large boulders possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strongly influenced by waves</li> <li>• Sensitive for strong current</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nominal dredging depth to 25m, to 50m built for mining projects</li> <li>• Good selectivity and accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport by barges or floating belt conveyor; latter can hinder ship traffic</li> <li>• Wires can do the same</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Production depending on bucket volume and chain speed</li> <li>• Material relatively "dry" and flow continuous</li> <li>• Suitable to feed treatment plant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• New type of chain causes less noise and less energy</li> </ul>	
<p><b>Clamshell dredger or grab dredger</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uncohesive sand, gravel</li> <li>• Interlayers of clay or cemented sand cause problems</li> <li>• Fines can be washed out of the bucket</li> <li>• Hydraulic clamshell shows better performance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positioning grab influenced by waves and current</li> <li>• Floating conveyor very sensitive to current</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dredging depth "unlimited" &gt; 100m</li> <li>• Low selectivity and accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport by barges or floating belt conveyor; latter can hinder ship traffic</li> <li>• Wires can do the same</li> <li>• Slurryfication and pumping ashore also possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Production depending on clamshell capacity and fill factor, production reduces with increasing depth</li> <li>• Material relatively "dry"</li> <li>• Suitable to feed treatment plant a board</li> </ul>		
<p><b>Backhoe dredger</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• All soil conditions, incl. Rock</li> <li>• Sticky clay cause problems with unloading</li> <li>• Fines can be washed out of the bucket</li> <li>• Large boulders possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Independent of waves and current by spuds</li> <li>• Limitation by ability of barges to moor alongside</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dredging depth to 25m with limited excavation power or small buckets</li> <li>• Very high selectivity and accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport by barges, sometimes with floating belt conveyor</li> <li>• No hindrance of ship traffic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Production depending on bucket volume and cycle time (dredging depth)</li> <li>• Material relatively "dry"</li> </ul>		

## 5.6 RELACIÓN ENTRE TIPOS DE DRAGA Y SUELOS A DRAGAR

En la Figura 5.8 se indica para cada tipo de draga la aptitud de dragado frente a diferente tipo de suelos teniendo en cuenta la profundidad de dragado

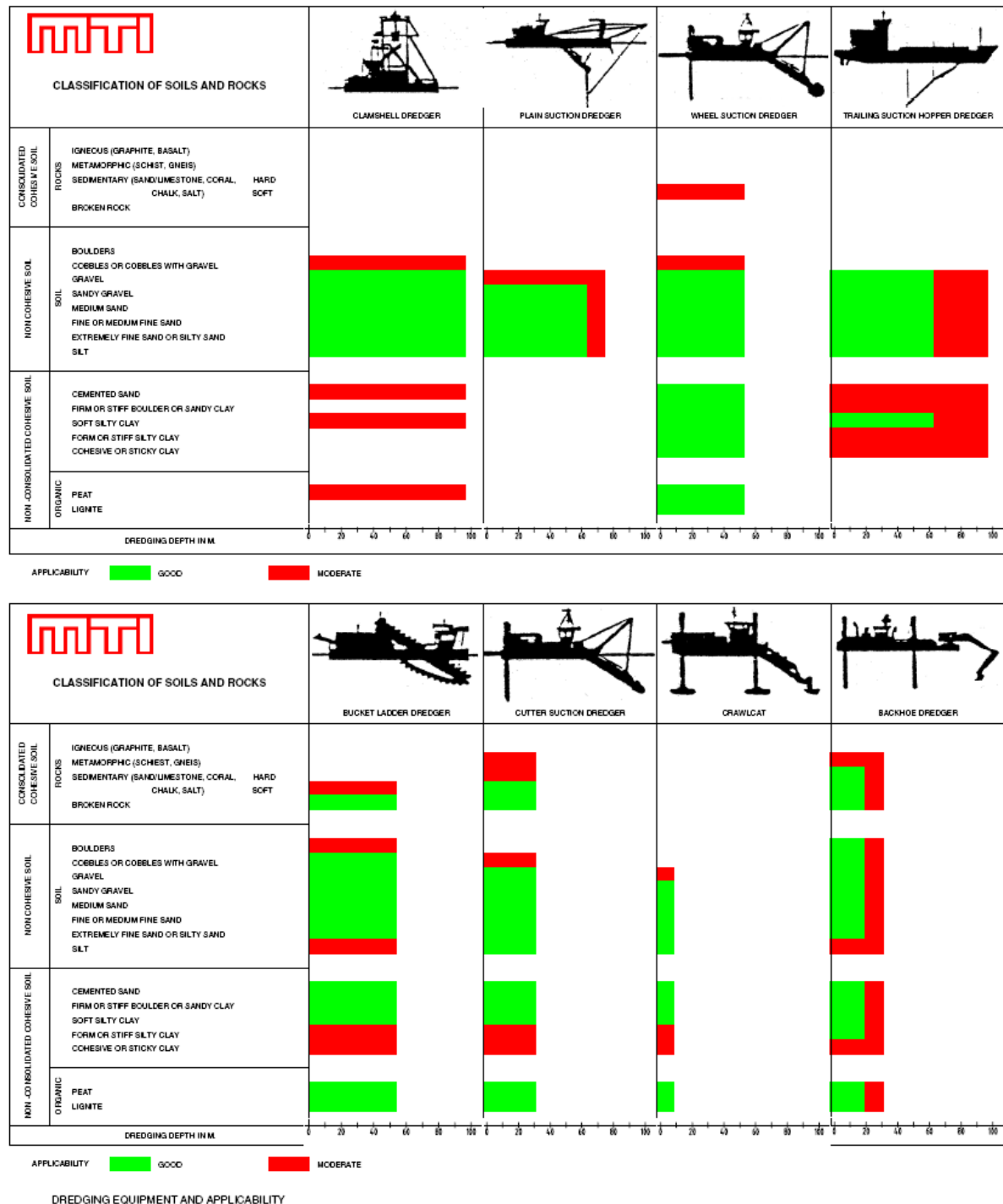


Figura 5.8 – Aptitud de dragado

## 5.7 Matriz de comparación

De Vlassboom (2003) se obtiene la Tabla 5.2 donde se presenta una matriz de comparación de comportamiento de los distintos tipos de dragas frente a diversas situaciones

	Bucket Dredger	Grab Dredger	Backhoe Dredger	Suction Dredger	Cutter Dredger	Trailer Dredger	Hopper Dredger
Dredging sandy materials	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Dredging clayey materials	yes	yes	yes	no	yes	yes	no
Dredging rocky materials	yes	no	yes	no	yes	no	no
anchoring wires	yes	yes	no	yes	yes	no	yes
Maximum dredging depth [m]	30	> 100	20	70	25	100	50
accurated dredging possible	yes	no	yes	no	yes	no	no
working under offshore conditions possible	no	yes	no	yes	no	yes	yes
Transport via pipeline	no	no	no	yes	yes	no	no
Dredging in situ densities possible	yes	yes	yes	no	limited	no	no

Tabla 5.2 – Matriz de comparación

## 5.8 EJEMPLOS DE ELECCION DE EQUIPOS DE DRAGADO

### 5.8.1 Trinchera en Port Sudan

Malherbe, B (2008) presenta un caso muy interesante de dragado de una trinchera de 2,850 m de longitud en el tramo de llegada a la costa donde la elección del equipo de dragado adecuado fue uno de los mayores problemas.

Las profundidades iban desde CD – 0,5 m en la costa hasta CD – 49 m en el extremo de la trinchera. El suelo consistía en una roca de coral con valores de resistencia a compresión simple entre 2 y 12 MPa. La sección de la trinchera era de 12m en la solera y pendiente de los taludes 1:3

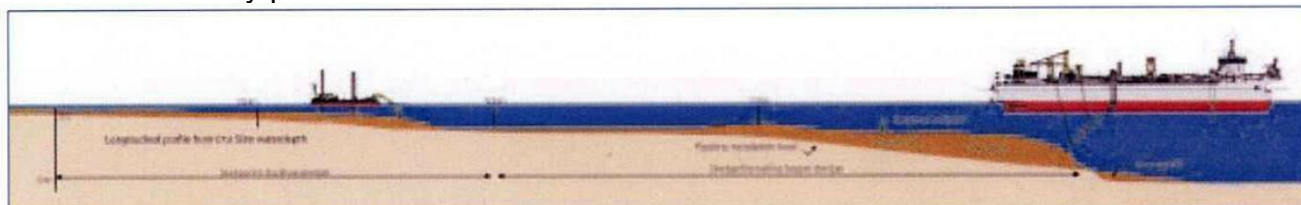


Figure 3. Longitudinal profile of the shore-approach trench (brown sections indicate the dredged section).

Figura 5.9 – Perfil longitudinal Port Sudan

Se hizo una prueba no exitosa de abrir la trinchera con explosivos por lo que se decidió utilizar equipos de dragado. Dada la máxima profundidad en el extremo no era factible utilizar una draga de cortador. Dada la dureza del suelo no se podía utilizar una draga de succión por arrastre standard.

Se decidió utilizar una draga tipo retroexcavadora con balde para roca para el tramo de menores profundidades y una draga de succión por arrastre grande, con mucha potencia, con un cabezal especial provisto de dientes escarificadores para el tramo de mayores profundidades. El inconveniente en este caso era el calado de la embarcación por lo que en lugar de colocar el material en la cántara se lo volcaba lateralmente mediante el chorro de proa orientado hacia estribor.

### 5.8.2 Puerto de Melbourne – Australia

El dragado del Puerto del Melbourne es noticia en el mundo del dragado desde hace muchos años por la gran cantidad de estudios ambientales que realizaron las autoridades en respuesta a los reclamos de grupos ambientales.

Para la selección del equipo de dragado para realizar la profundización del canal de acceso a Port Philippe Bay de 14m a 17,3 m hubo que extremar la imaginación por las condiciones contrapuestas que se presentan. Por un lado el material del fondo

es muy duro, compuesto por limolita arenosa con valores de resistencia a compresión simple entre 1 y 30 MPa con algunas partes con una estructura en capas mientras en otra es muy dura. La solución de utilizar explosivos que se había empleado hasta 1986 queda vedada por consideraciones ambientales. La segunda alternativa de utilizar una draga de cortador potente tuvo que ser descartada por las condiciones de oleaje imperantes durante gran parte del tiempo. Las olas pueden llegar a 3 m de altura y existen corrientes de hasta 8 nudos. Por otra parte dado que es un canal de navegación con más de 3,500 entradas de buques por año no era recomendable utilizar una draga estacionaria que pudiera obstaculizar la navegación comercial. La utilización de una draga de succión por arrastre aparecía como una buena solución para soportar las condiciones de oleaje y para no interferir con la navegación. La dificultad aparecía por el lado del material duro. Por ello se realizó un trabajo de investigación que resultó en el desarrollo de un cabezal de dragado apto para romper este tipo de material. Es de destacar que este enfoque de buscar una solución a las dificultades que se iban presentando fue posible por el tipo de contrato entre las autoridades y el contratista que era un contrato de colaboración. Ver Yeung, T.C. (2009). Se puede conseguir información adicional sobre este proyecto en [www.portofmelbourne.com](http://www.portofmelbourne.com) y en [www.boskalis.com](http://www.boskalis.com) En la Tabla 5.3 se resumen algunos aspectos comparativos entre CSD y TSHD

Característica	Draga de cortador	Draga de succión por arrastre
Alturas de ola Corrientes fuertes	< 1 m Impiden el uso de tuberías de descarga flotantes	< 3 m Afectan ligeramente la maniobrabilidad
Profundidad de dragado		Mucho mayor que la de la draga de cortador
Tráfico de buques	Draga estacionaria, afecta el tráfico de buques	Más flexible en relación al tráfico de buques
Costos de movilización	Mayores que los de la draga de succión por arrastre	

Tabla 5.3 – Comparación entre CSD y TSHD

## 5.9 BIBLIOGRAFÍA

**Bray, R.N., Bates, A.D, and Land, J.M., (1997)** “Dredging, a handbook for engineers”, Second edition, John Wiley and Sons. Cap 8.4.1 – Excavation of soil– pp 250 25

**Hummer, Charles W. (1997)** “Dredging for development” 4th edition A joint publication of IADC y IAPH Chapter 4 “Equipment considerations” pp30 – 41

**IADC (2011)** “Facts about dredging plant and equipment” – Number 4 – 2011

**IHC (2007)** "Select dredging equipment" Se puede obtener en la página web de IHC [www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com) Si se accede a este documento desde la página de IHC se pueden consultar los vínculos con cada tipo de draga

**IHC (2007)** "How to select" Se puede obtener en la página web de IHC [www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com)

**IHC (2007)** "Classification of soils and rocks" Se puede obtener en la página web de IHC [www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com)

**Malherbe, B and De Potter, P (2008)** New possibilities for ripper dredging of rock, Terra et Aqua 110-2

**Vlasblom, W.J. (2003)** "Introduction to dredging equipment" Se puede obtener copia del sitio web de IADC

**Yeung, T.C. (2009)** "Mission impossible" DPC February 2009 pp28-29