

ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERIA PORTUARIA

CATEDRA
INGENIERIA DE DRAGADO

PROFESOR TITULAR
ING. RAUL S. ESCALANTE

Abril 2014

TEMA 7
DRAGA DE CUCHARA DE ALMEJAS

ÍNDICE

7	<u>DRAGA DE CUCHARA DE ALMEJAS</u>
7.1	CONSIDERACIONES GENERALES
7.2	VENTAJAS
7.3	DESVENTAJAS
7.3.1	<u>Precisión</u>
7.4	MÉTODO DE OPERACIÓN
7.5	CICLO DE DRAGADO
7.6	PRODUCCIÓN
7.7	FACTORES LÍMITES
7.8	EQUIPAMIENTO AUXILIAR
7.8.1	Diferentes tipo de cucharas
7.9	TIPO DE SUELOS QUE DRAGA
7.10	CAMPOS DE APLICACIÓN
7.11	EJEMPLO DE DRAGADO A GRAN PROFUNDIDAD
7.12	EJEMPLOS DE DRAGAS DE CUCHARAS
7.12.1	<u>Draga GD 1601</u>
7.12.2	<u>Draga TOSHO</u>
7.13	<u>DRAGA DE CUCHARAS CON CÁNTARA</u>
7.14	BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 7.1	Características principales de la draga de cucharas montada sobre pontón
Figura 7.2	Foto de una cuchara típica
Figura 7.3	Área efectiva de dragado
Figura 7.4	Diferentes tipos de cucharas
Figura 7.5	Aptitud de dragado
Figura 7.6	Basura portuaria (debris)
Figura 7.7	Método de operación con el ROV
Figure 7.8	ROV con marco de protección antes de integrarse con la cuchara
Figura 7.9	Conjunto ROV – cuchara
Figura 7.10	Relevamiento post dragado
Figura 7.11	Draga GD 1601
Figura 7.12	Planta y corte draga GD 1601
Figura 7.13	Draga Tosho - Fotografía
Figura 7.14	Planta y corte draga Tosho
Figura 7.15	Draga Tosho en operación
Figura 7.16	Draga de cucharas con cántara
Figura 7.17	Producción de las dragas de cuchara con cántara
Figura 7.18	Draga VIVEK – Puerto de Mumbai, India

INDICE DE TABLAS

Tabla 7.1	Características de la draga DOHUK
-----------	-----------------------------------

7 DRAGA DE CUCHARA DE ALMEJAS

7.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La draga de cucharas es una draga mecánica. Esta draga consiste en un pontón sobre el que se encuentra una grúa que sostiene una cuchara. El material que se eleva con la cuchara se descarga en una barcaza situada al lado del pontón. El pontón puede tener acomodación para la tripulación. Algunas dragas de cuchara pueden ser autopropulsadas y tener una cántara y se denominan “dragas de cucharas con cántara”

La grúa se coloca en un extremo del pontón, habitualmente rectangular pero que puede tener forma redondeada en el extremo donde se encuentra la grúa.

El pontón puede mantenerse en posición por anclas y guinches o puede combinar un sistema de pilones de fijación durante el dragado y un sistema de guinches para la reubicación del pontón.

Este tipo de draga se califica en función de la capacidad volumétrica de la cuchara. Las cucharas varían entre 0,75 y 200 m³, pero ya las que tienen más de 20 m³ son raras con muchas en el orden de los 2 a 3 m³

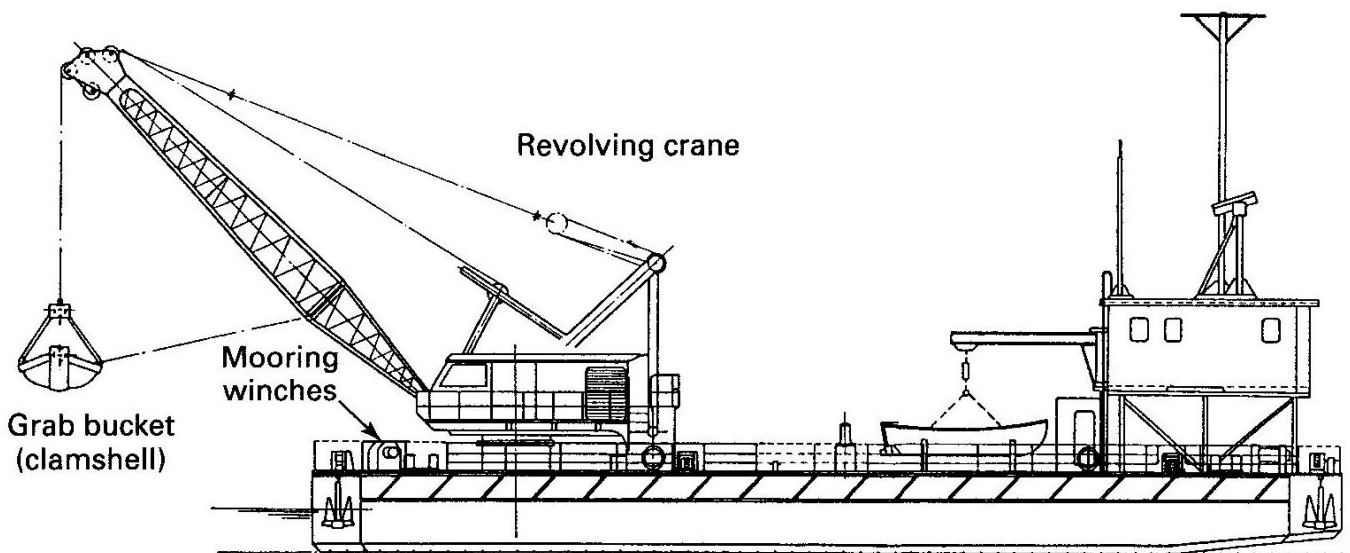


Figura 7.1 – Características principales de la draga de cucharas montada sobre pontón

7.2 VENTAJAS

Las ventajas de la draga de cucharas son

- Como todas las dragas mecánicas esta draga carga material dragado con perturbación mínima y poca dilución del suelo comparado con los métodos hidráulicos. Por lo tanto la barcaza se llena con mayor proporción de sólidos.
- No se ve afectada por cantos rodados, basura, etc. En el caso de cables, cadenas, etc, lo que puede trabarse son las compuertas de fondo de las barcasas, perturbando la descarga y posterior cierre del fondo. Los operadores experimentados suelen separar este tipo de material cuando

lo detectan y disponerlos en la cubierta del pontón para una disposición posterior. Puede utilizarse algún tipo de reja para este efecto.

Figura 7.2 – Foto de una cuchara típica



La draga es adecuada para el dragado de áreas confinadas tales como a lo largo de muelles, a la entrada de dársenas, alrededor de jetties

- La profundidad de operación tiene como límite la capacidad del carretel de la grúa. Por lo tanto es posible dragar hasta profundidades que son difíciles de alcanzar con otras dragas de tamaño equivalente que requieren una estructura fija para llegar al fondo.
- El pontón suele tener muy poco calado, por lo tanto se puede operar en aguas de muy poca profundidad. Depende del calado de las barcazas
- Es muy útil para dragar trincheras angostas

7.3 DESVENTAJAS

Las desventajas que presenta la draga de cucharas son:

- Tiene un nivel de producción bajo. El tiempo efectivo de excavación es una pequeña parte del ciclo de dragado
- Tiene dificultades en dejar un fondo nivelado y preciso. Para asegurar que no queden puntos altos es necesario, particularmente en suelos cohesivos, sobredragar una cantidad importante
- La combinación de baja producción y la necesidad de sobredragado importante resulta en costos unitarios elevados, especialmente si se requiere remover capas de material delgadas de grandes áreas.
- La penetración en suelos duros se logra solamente por el peso de la cuchara, a menos que se haga un pre-tratamiento.
- El rango de materiales que puede ser dragado económicamente es muy limitado

7.3.1 Precisión

La precisión de la draga de cucharas es limitada porque la cuchara debe reposicionarse en cada ciclo. Si no se cuenta con equipamiento de monitoreo sofisticado es muy difícil lograr un buen posicionamiento. La utilización de sistemas de monitoreo y cucharas especiales permiten precisiones en el sentido vertical del orden de los 0,35 m a 0,50 m. La precisión horizontal es pobre, especialmente en aguas de mayor profundidad o donde existen corrientes donde se produce además un efecto de péndulo.

7.4 METODO DE OPERACIÓN

El pontón se fija mediante un campo de anclas con el eje de la draga en el eje del corte propuesto y con la grúa cerca del borde de trabajo. Se remueve todo el material que entre dentro del radio de la grúa hasta el nivel de diseño y se carga en la barcaza. Cuando no queda más material se avanza el pontón mediante los guinches. Cuando la barcaza se llena se sigue cargando una segunda barcaza en la otra banda

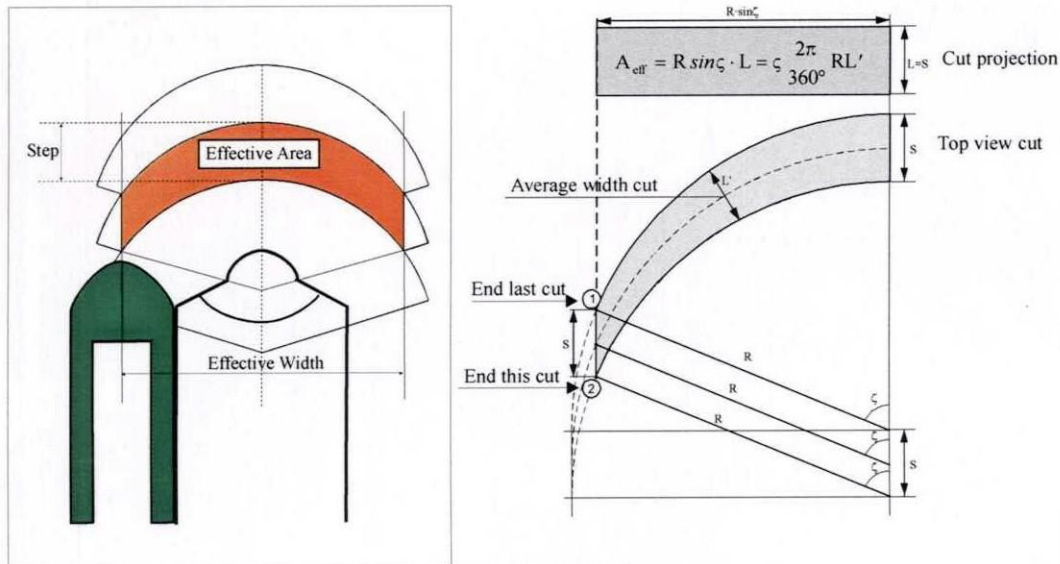


Figura 7.3 – Área efectiva de dragado (Vlasblom, 2004)

El área efectiva de dragado, como se muestra en la Figura 7.3 presenta un ancho máximo en coincidencia con el eje de avance y va disminuyendo a medida que el ángulo con respecto al eje aumenta. La eficiencia llega al 90 % para un ángulo de 45° y baja al 60 % para ángulos de 90° (Vlasblom, 2004)

7.5 CICLO DE DRAGADO

El ciclo de dragado está compuesto por los siguientes pasos:

- Giro al punto de dragado
- Descenso de la cuchara: depende de la profundidad de agua y velocidad del guinche
- Cerrar la cuchara: depende del material
- Levantar la cuchara
- Girar al punto de descarga
- Descargar el material: puede aumentar el tiempo necesario con materiales pegajosos

El tiempo medio del ciclo de dragado no cambia mucho para una draga trabajando a una determinada profundidad, pero el porcentaje de llenado de la cuchara puede ser muy variable

7.6 PRODUCCIÓN

La producción diaria se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Producción = P (m³/día) = [(volumen de la cuchara (m³) x porcentaje de llenado de la cuchara) / factor de esponjamiento del suelo] x ciclo (movimientos/hora) x nro de horas efectivas/día.

Valores típicos son de 20 a 30 ciclos por hora pero los valores de producción varían mucho a causa de la variabilidad de las profundidades y el tipo de materiales a dragar.

El nivel de producción de una draga de cucharas normal está limitado a unos pocos cientos de m³/hora con mucha dependencia de la profundidad del lugar. Sin embargo, existen algunas grandes dragas de cuchara con niveles de producción del orden de los 1000 a 2000 m³/hora (Bray, 2008)

Cuando se eleva la cuchara desde el fondo la turbulencia del agua lava parte de la carga. Una vez que el balde sale por encima de la superficie del agua se producen pérdidas adicionales a causa del drenado rápido del agua contenida en el balde.

La pérdida de material está influenciada también por la condición y ajuste del labio del balde, la velocidad de elevación y las propiedades del sedimento. Aun bajo condiciones ideales se producen pérdidas substanciales de materiales finos sueltos. A causa de esto se debe utilizar baldes especiales si se va a utilizar esta draga para el dragado de sedimentos contaminados. Se han desarrollado baldes con cierres herméticos para minimizar la turbidez generadas en estas operaciones. Se estima que este tipo de baldes con cierres estancos generan entre un 30 y un 70 % menos de turbidez que los baldes típicos

7.7 FACTORES LIMITES

Mínima profundidad de agua: Limitado especialmente por el calado del pontón y de las barcasas de apoyo. Se estima en 1 m

Máxima profundidad de agua: Puede adoptarse 50 m como valor orientativo. Se han alcanzado profundidades mayores en condiciones de trabajo particulares.

Altura de ola: Por la metodología de trabajo, y el método de fijación de este tipo de dragas, es posible trabajar con alturas de olas del orden de los 2 m

Máxima corriente de través: Con las mismas consideraciones, se estima el valor en 1.5 nudos

Máxima tensión de corte (arcillas): 300 kPa

Máxima compresión (rocas): 1 MPa

7.8 EQUIPAMIENTO AUXILIAR

7.8.1 Diferentes tipos de cucharas

El tipo de cuchara debe ser cuidadosamente seleccionada dependiendo de las características del material a dragar. Para limos blandos, barros y arcillas se puede utilizar una cuchara liviana de la máxima capacidad que soporte la grúa. Para arcillas firmes o rocas muy débiles se utiliza una cuchara con dientes muy pesada. Para cantos rodados sueltos o roca partida una cuchara piel de naranja (cactus grab) es apropiada.

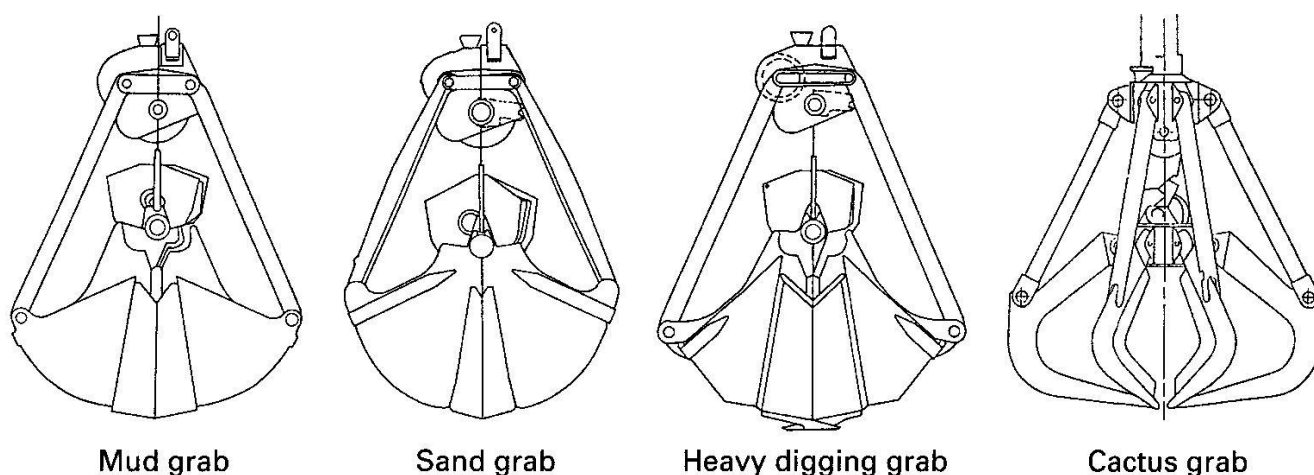


Figura 7.4 – Diferentes tipos de cucharas

7.8.2 Cuchara con vibrador

La revista DPC Noviembre 2011 menciona la posibilidad de incorporar un vibrador en la cuchara para dragar arenas compactas y arcillas. (Ver www.ihcgp.com/spec-dredging-equipment) De esta manera se agrega al peso propio de la cuchara la mayor penetración, principalmente en arenas, que otorga la vibración.

7.9 MATERIALES QUE DRAGA

El rango de materiales que pueden ser dragados económicamente sin tratamiento previo con una draga de cucharas es limitado

Roca: para la penetración de materiales duros se cuenta solamente con el peso de la cuchara. Draga bien rocas sedimentarias muy blandas o meteorizadas. Es útil en profundidades importantes. No puede competir si aumenta la dureza del material

Cantos rodados grandes y medianos: muy apta. Debe adaptarse la cuchara al tamaño de los cantos rodados

Gravas: son aptas. Se utilizan cucharas con dientes. En gravas densas se utilizan cucharas pesadas. El desgaste y rotura de las cucharas puede ser importante

Arenas medianas y gruesas: opera satisfactoriamente

Arenas finas bien graduadas: se requieren cucharas con labios afilados, parcialmente apta

Limos: se utiliza muy raramente. Los finos pueden ser lavados de la cuchara

Arcillas: Draga arcillas de todo tipo. En arcillas duras se utilizan cucharas pesadas con dientes. El vaciado de la cuchara puede ser difícil

Suelos orgánicos: muy apta

Restos: (rubbish y debris) se dragan bien. Es la mejor opción para cabos y cadenas, pero pueden perturbar la descarga de la barcaza. El personal con experiencia los separa y los pone en la cubierta del pontón. Puede hacerse con una reja móvil

De la página de IHC (www.ihcholland.com) se ha obtenido la Figura 7.5 donde se indican las condiciones de funcionamiento de una draga de cucharas en relación con las características del suelo y la profundidad de dragado Asimismo se indica el comportamiento frente a otras variables importantes como condiciones ambientales y otras.

Figura 7.5 – Aptitud de dragado

Clamshell dredger

Applicability



Good



Moderate



Consolidates cohesive soil - Rocks	
Dredging depth in M.	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	
Igneous (Graphite, Basalt)	
Metamorphic (schist, Gneis)	
Sedimentary (sand/Limestone, Coral, Chalk, Salt)	Hard
	Soft
Broken rock	

Non cohesive soil - Soil	
Dredging depth in M.	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	
Boulders	
Cobbles or Cobbles with gravel	
Gravel	
Sandy Gravel	
Medium sand	
Fine or medium fine sand	
Extremely fine sand or silty sand	
Silt	

Non-consolidates cohesive soil	
Dredging depth in M.	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	
Cemented sand	
Firm or stiff boulder or sandy clay	
Soft silty clay	
Form or stiff silty clay	

Cohesive or sticky clay	
-------------------------	--

Non-consolidates cohesive soil - Organic	
	Dredging depth in M.
	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Peat	
Lignite	

Criterium equipment:	
Soil condition	Uncohesive sand, gravel
	Interlayers of clay or cemented sand cause problems
	Fines can be washed out of the bucket
	Hydraulic clamshell shows better performance
Seastate and weather	Positioning grab influenced by waves and current
	Floating conveyor very sensitive to current
Site conditions	Dredging depth "unlimited" > 100M
	Low selectivity and accuracy
Logistics	Transport by barges or floating belt conveyor; latter can hinder ship traffic
	Wires can do the same
	Slurryfication and pumping ashore also possible
Production processing	Production depending on clamshell capacity and fill factor, production reduces with increasing depth
	Material relatively "dry"
	Suitable to feed treatment plant aboard

7.10 CAMPOS DE APLICACIÓN

La draga de cucharas se utiliza principalmente para la realización de proyectos de dragado relativamente pequeños. Desarrollos recientes en sofisticados equipos de control y monitoreo y nuevos tipos de cucharas han incrementado de manera substancial la precisión que puede lograrse en el dragado. Esto ha hecho que esta draga se vuelva mas atractiva para proyectos de dragado mas precisos en áreas donde pued esperarse basura portuaria (debris) o áreas no accesibles para otro tipo de equipos de dragado más tradicionales.

La draga de cucharas puede aplicarse eficientemente en una serie importante de aplicaciones específicas como las que se indican a continuación

Dragado en interiores de puertos, espacios reducidos: La precisión y la metodología de trabajo hacen que sea apta para este tipo de tareas. Lugares poco accesibles en puertos.

Tareas de limpieza: Dado que las tareas no se ven afectadas por basura y restos de elementos, las dragas son aptas para tareas de limpieza de fondos y retiro de

materiales. Esta situación se produce a lo largo de muelles, donde el fondo está lleno de cabos y basura portuaria como se muestra en la Figura 7.6

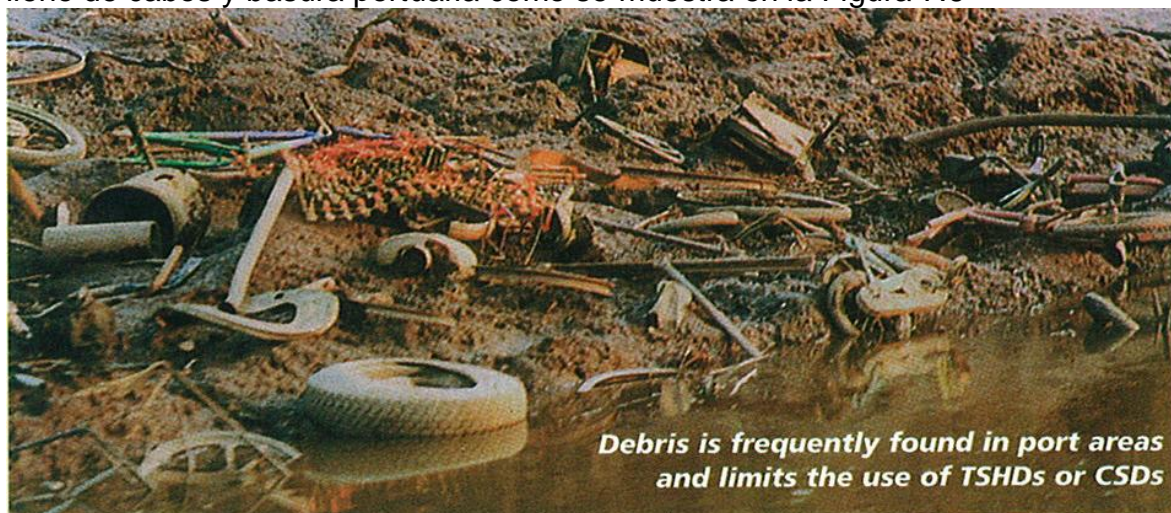


Figura 7.6 – Basura portuaria (debris)

Dragado a grandes profundidades: Las dragas de cucharas tienen la gran ventaja, frente a otras dragas, de poder trabajar a grandes profundidades.

Dragado en zonas de poco calado: Como se dijo, el pontón suele tener muy poco calado, el factor limitante será, en tal caso, el calado de las barcazas.

Dragado de precisión: Las dragas son útiles para dragado en trincheras y zonas angostas.

Dragado en áreas donde puede esperarse la aparición de rocas grandes

Dragado para la extracción de arenas y gravas, incluso de pozos profundos

Dragado de pequeñas cantidades en zonas con variaciones importantes de profundidad

7.11 EJEMPLO DE DRAGADO A GRAN PROFUNDIDAD

Un muy ejemplo de dragado a gran profundidad con una draga de cucharas se presenta en el artículo de Van Es (2004). En lugares donde la presencia de icebergs son un grave peligro para las instalaciones de explotación de petróleo en mar una de las soluciones es ubicar esas instalaciones por debajo del nivel del fondo en excavaciones denominadas “Glory Holes”

El Glory Hole se excava hasta una profundidad de 9 metros por debajo del nivel del fondo. La operación se realiza con una cuchara montada en un ROV (Remote Operated Vehicle) y con una operación especialmente diseñada para cargar el material en la cuchara y descargarlo al costado del Glory Hole como se aprecia en la Figura 7.7. La profundidad de dragado está en el orden de los 125 m que no es una profundidad fácil de dragar

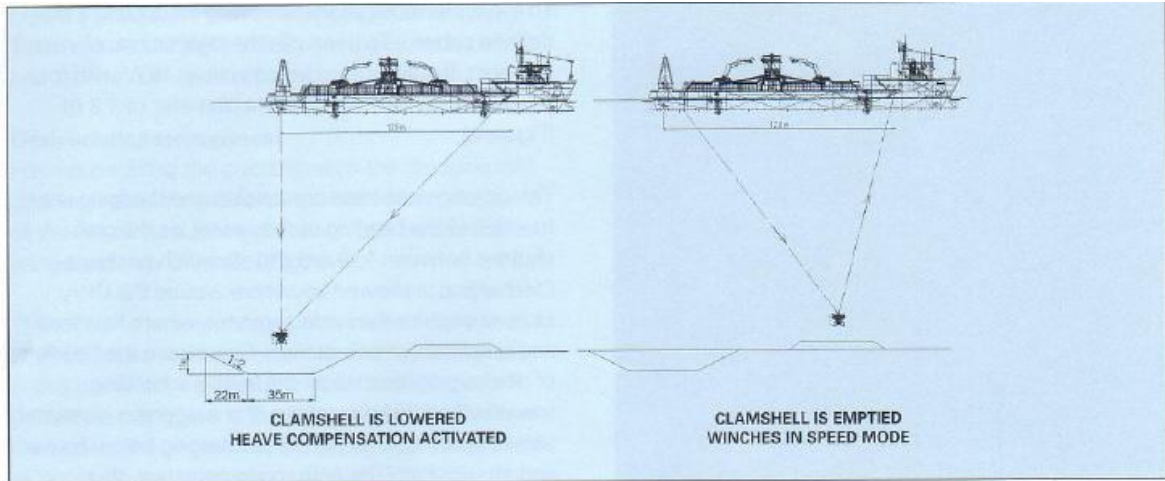


Figura 7.7 – Método de operación con el ROV

La cuchara cuelga de dos cables de 80 mm de diámetro, uno sujeto en la popa y el otro a la altura del puente de mando del buque de apoyo. Un tercer cable provee la energía y las comunicaciones necesarias para operar la cuchara y el ROV. La cuchara se abre y se cierra mediante la operación de cilindros hidráulicos.

Este sistema presenta muchas ventajas en la operación. Una de ellas es que el hecho de mantener la cuchara cerca del fondo hace que el ciclo de operación sea mucho más corto.

Las características de la cuchara son:

- Peso: 7000 kg
- Capacidad: 16 m³
- Ancho: 6,6 m cerrada y 7,6 m abierta
- Profundidad: 3,3 m

El ciclo de producción estaba por compuesto por las siguientes operaciones:

- | | |
|----------------------------------|-------------|
| - Excavación | 35 segundos |
| - Elevación y transporte lateral | 114 s |
| - Descarga | 12 s |
| - Retorno al punto de excavación | 62 s |
| - Posicionamiento de la cuchara | 50 s |

Esto da un ciclo total de 273 segundos (4,6 minutos)

La producción en condiciones de suelo no extremadamente desfavorables llegó ser del orden de los 100 a 150 m³ de material in-situ por hora

En la Figura 7.8 se pueden apreciar las características del ROV

Figure 6. ROV with protective frame before assembly with clamshell.



Figura 7.8 – ROV con marco de protección antes de integrarse con la cuchara



Figura 7.9 – Conjunto ROV – cuchara

En la Figura 7.9 se puede ver el conjunto ROV con la cuchara integrada colgando del pórtico del buque

En la Figura 7.10 se muestra una vista del Glory Hole terminado

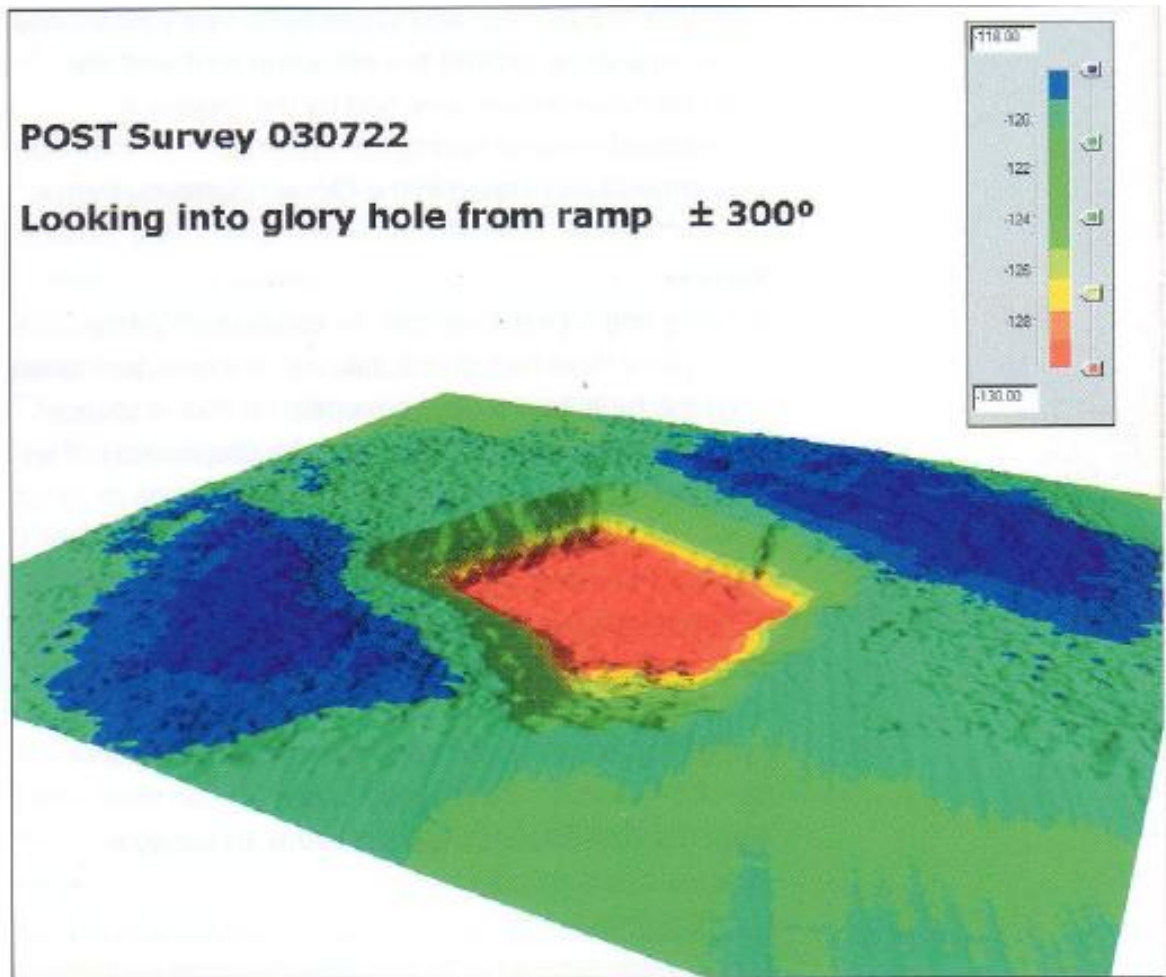


Figura 7.10 – Relevamiento post dragado

La utilización de una cuchara integrada con un ROV y procedimientos similares a los mencionados podría permitir efectuar dragados hasta profundidades del orden de los 1000 m de acuerdo con la experiencia mostrada en el ejemplo

7.12 EJEMPLOS DE DRAGAS DE CUCHARAS

Se presentan algunos ejemplos de dragas de cucharas obtenidos de la publicación *Dredgers of the World*.

7.12.1 Draga GD 1601



Figura 7.11– Draga GD – 1601

Nombre	GD – 1601
Propietario	UDL Offshore Pte Ltd (Universal Dockyard Ltd)
Tipo	Draga de cucharas
Bandera	Hong Kong
Puerto de registro	Hong Kong

DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora total	48 m
Puntal	3.95 m
Manga	21 m
Calado	.95 m
Potencia total instalada	2500 kW
Capacidad de cuchara	16 m ³

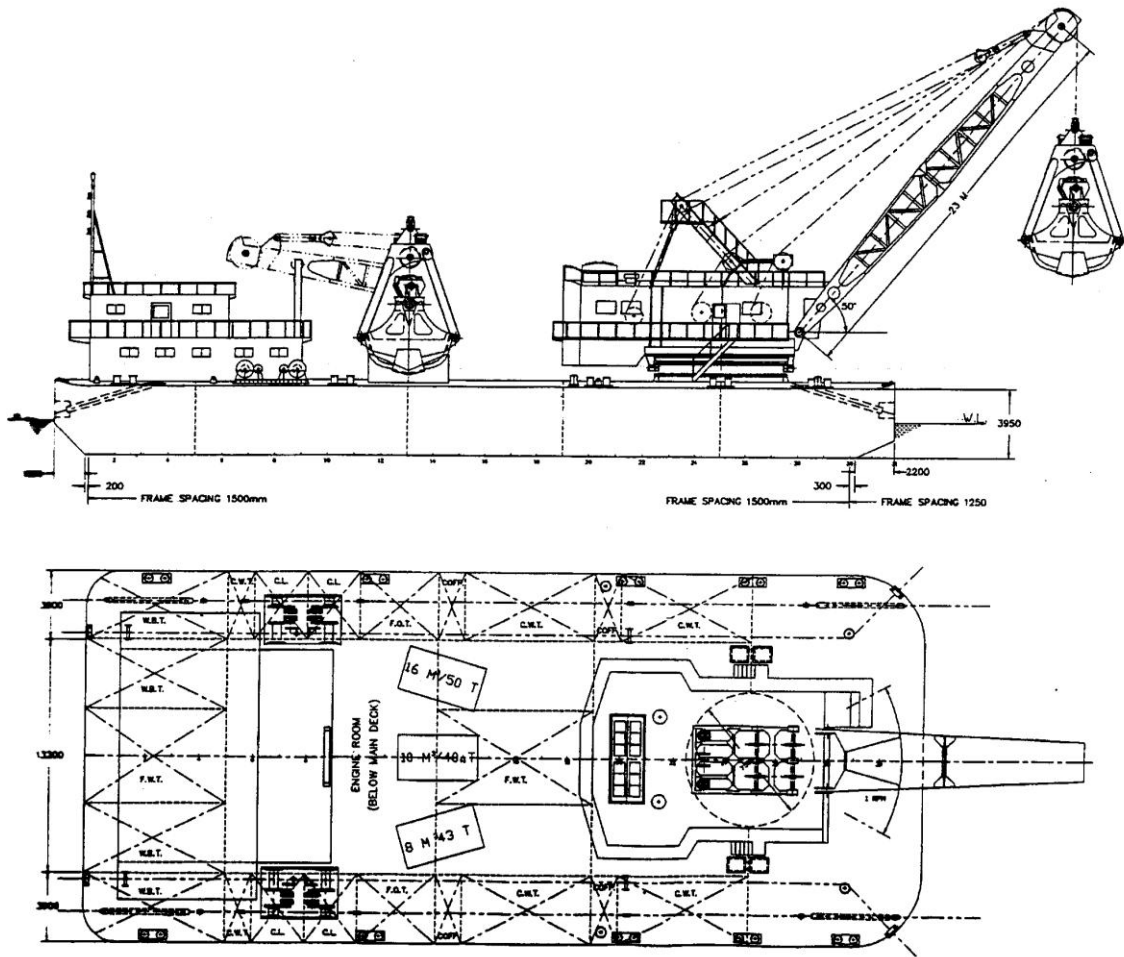


Figura 7.12 – Planta y corte draga GD - 1601

7.12.2 Draga TOSHO

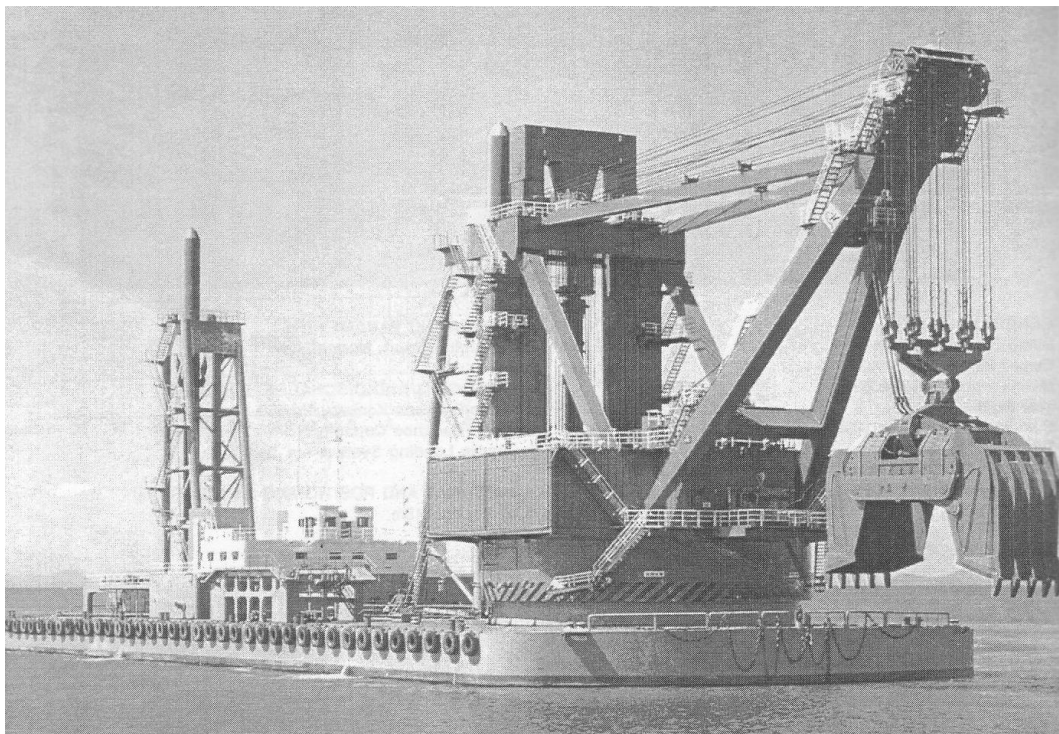


Figura 7.13 – Draga TOSHO

Nombre	Tosho
Propietario	Toa Corporation
Año de construcción	1995
Astilleros	Sumitomo Heavy Industries Ltd. Japón
Tipo	Draga de cucharas
Dimensiones principales	
Eslora total	100 m
Puntal	6 m
Manga	36 m
Calado	3,6 m
Datos adicionales	
Máxima capacidad de izado	700 ton
Potencia instalada	3 x 2400 KW
Capacidad de dragado	6.000 m ³ /hora
Capacidad del balde	200 m ³
Profundidad de dragado	30 m

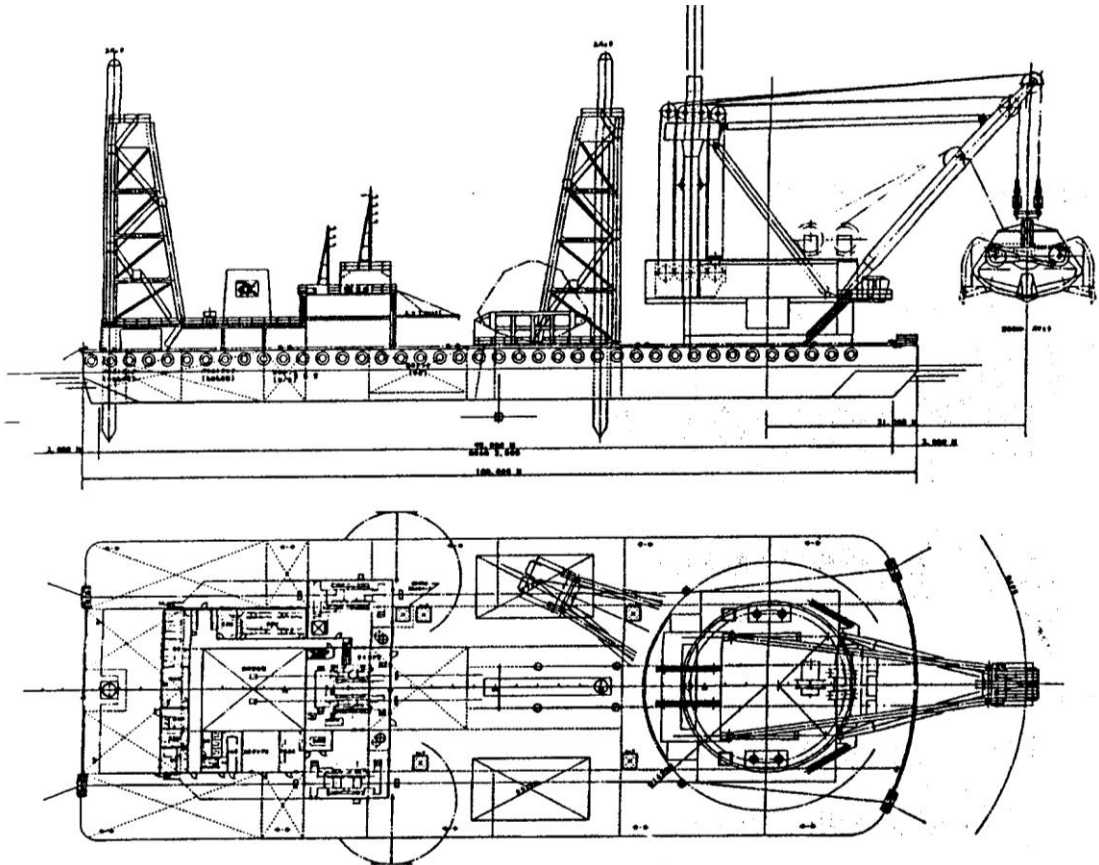


Figura 7.14 – Planta y corte draga Tosho

Se presenta esta draga de cucharas que tiene una cuchara con una capacidad de 200 m³ como un caso excepcional dentro del rango de dragas de cuchara ya que es la draga de este tipo más grande del mundo



Figura 7. 15 – Draga Toshō en operación

7.13 DRAGA DE CUCHARAS CON CÁNTARA

En la revista DPC October 2011pp33 se indican nuevas prestaciones de las dragas de cuchara que pueden adoptar forma de barco y contar con una cántara. El volumen de la cántara está en el orden de 250 m^3 – 500 m^3 – 850 m^3

El motor de la grúa puede ayudar a la propulsión ya que la operación de dragado y de navegación ocurren en tiempos distintos.

Las dragas de cuchara con cántara son utilizadas en general para realizar dragados de mantenimiento y particularmente en trabajos de pequeña magnitud como puede ser el que realizan autoridades portuarias de puertos pequeños

Estas dragas tienen características multipropósito pues pueden dragar y transportar el material. Pueden operar en forma independiente pues no necesitan ni remolcador ni chata barrera. Son económicas para operar y tienen un buen nivel de producción para su escala.

En la Figura 7.16 se muestra una draga de cucharas con cántara. En la imagen se puede apreciar la reja colocada sobre la cántara para retener los materiales voluminosos



Figura 7.16 - Draga de cucharas con cántara

En la Tabla 7.1 se dan las características de la draga Dohuk construida en el año 2012

DOHUK

Principal characteristics:	
Name	DOHUK
Type	Grab hopper dredger
Year	2012
Owner	Toyota Tsusho Corp.
Builder	IHC Dredgers B.V.
Dimension	
Length overall	57m
Breadth	12.5m
Depth	4.9m

Draught	3.9m
Hopper capacity	500m ³
Dredging depth	25m
Power and Speed	
Total installed power	1,650kW
Speed	12 knots
Accomodation	
12 persons	

Tabla 7.1 – Características de la draga Dohuk

En la Figura 7.17 se presentan curvas teóricas que permiten elegir la draga de cucharas con cántara requerida para un determinado caso en función de la producción requerida. Esta producción depende del número de cucharas y capacidad del balde y la distancia de navegación para descargar la cántara. Los rangos de producción varían entre 400 m³ / hora y 50 m³ /hora para las distancias mayores y los baldes más chicos.

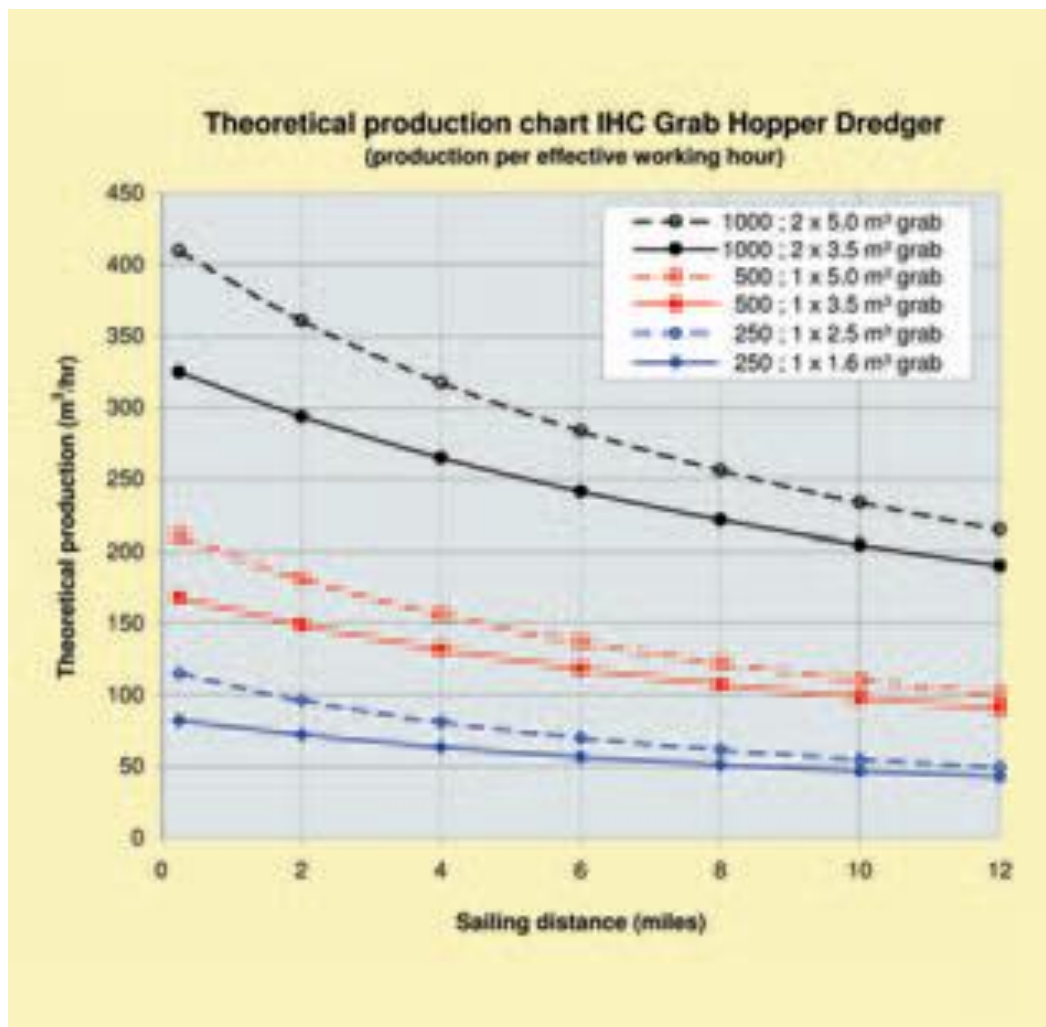


Figura 7.17 – Producción de las dragas de cuchara con cántara

En la Figura 7.18 se muestra la draga Vivek que tiene cántara, un tubo de succión y dos cucharas. Esta draga pertenece al Ente de Gestión del Puerto de Mumbai en India.



Figura 7.18 – Draga VIVEK – Puerto de Mumbai, India

7.14 BIBLIOGRAFIA

Bray, R.N., Bates, A.D, and Land, J.M., (1997) “Dredging, a handbook for engineers”, Second edition, John Wiley and Sons – Chapter 7 pp 202-207

Bray, R.N. (2008) “Environmental aspects of dredging” – Taylor and Francis pp 145 - 147

Dredgers of the World (2001) – Edition 3 - October 2001 – Oilfield Publications Inc. – www.oilpubs.com

www.dredgers.nl - Sitio internet de Bert Visser. Muy bueno Presenta información muy actualizada y muy completa sobre dragas. Bert Visser trabaja para la revista DPC

www.ihcholland.com Sitio internet de IHC – Muy bueno – IHC es la empresa holandesa que fabrica dragas más importante del mundo

Van Es, B. et al. (2004) “Construction of wellhead protection Glory Holes for White Rose project, Canada” Terra et Aqua Number 95 June 2004 – Los artículos de Terra et Aqua pueden bajarse del sitio de CEDA www.dredging.org

Vlasblom, W. J. (2004) “Designing Dredging Equipment” Chapter 7 – Grab or Clamshell dredger – 17 pp – TUDelft . Los capítulos del Prof. Ir. W. J. Vlasblom pueden descargarse de la página de IADC