



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



PROCEDIMIENTOS  
DE CONSTRUCCIÓN

**DRAGADOS**

*Departamento de Ingeniería de la Construcción  
y de Proyectos de Ingeniería Civil*

Procedimientos de Construcción  
DRAGADOS

©2026

Julián Alcalá González [jualgon@upv.es](mailto:jualgon@upv.es)



Departamento de Ingeniería de la Construcción  
y de Proyectos de Ingeniería Civil  
Ref.: 0026-0045-PRC-0042-0883

## Índice

<b>1. Introducción a las obras de dragado</b>	<b>3</b>
<b>2. Objetivos del dragado y clasificación</b>	<b>3</b>
<b>3. Dragas mecánicas</b>	<b>5</b>
3.1. Draga de rosario de cangilones . . . . .	6
3.2. Draga retroexcavadora . . . . .	9
3.3. Draga de cuchara sobre pontona . . . . .	12
3.4. Draga de cuchara autoportadora . . . . .	14
3.5. Draga de pala . . . . .	16
3.6. Dragalina . . . . .	18
<b>4. Dragas hidráulicas</b>	<b>21</b>
4.1. Dragas de succión en marcha . . . . .	21
4.2. Dragas de succión con cabezal cortador (CSD) . . . . .	25
4.3. Dragas con inyectores de agua . . . . .	28
4.4. Dragas estacionarias de succión . . . . .	30
4.5. Dragas tipo Dustpan . . . . .	33
<b>5. Dragas especiales</b>	<b>34</b>
5.1. Dragas con bomba de chorro . . . . .	35
5.2. Dragas de remoción o niveladoras de fondo . . . . .	36
5.3. Equipos anfibios de dragado . . . . .	39
5.4. Bombas de pistón . . . . .	39
5.5. Extracción mediante inyección de aire comprimido . . . . .	40
<b>6. Equipos auxiliares en las operaciones de dragado</b>	<b>41</b>
6.1. Gánguiles o barcasas de transporte . . . . .	41
6.2. Estaciones de bombeo intermedias . . . . .	42
6.3. Tuberías de transporte . . . . .	43
6.4. Barcos auxiliares . . . . .	44
6.5. Equipos de pretratamiento del material . . . . .	44
<b>7. Elección de la draga</b>	<b>44</b>
7.1. Criterios generales de selección . . . . .	44

7.2. Elección de la draga en función del terreno . . . . .	45
7.3. Influencia de la profundidad y del entorno . . . . .	45
7.4. Influencia del punto de vertido . . . . .	45
<b>A. Bibliografía</b>	<b>47</b>
<b>B. Cuestiones</b>	<b>48</b>

## 1. Introducción a las obras de dragado

El dragado consiste en la excavación, carga y transporte de los materiales sólidos que constituyen o se depositan en los fondos marinos, fluviales o lacustres. Al realizarse en medio subacuático, no es posible recurrir a los equipos tradicionales de excavación terrestre, lo que obliga al empleo de maquinaria altamente especializada, organizada en lo que se denomina un *tren* o *equipo de dragado*, formado por la draga propiamente dicha y una serie de elementos auxiliares de transporte, posicionamiento y control.

Las obras de dragado constituyen una de las actividades fundamentales de la ingeniería marítima, fluvial y costera. A primera vista pueden parecer operaciones simples —básicamente retirar material del fondo de una masa de agua—, pero en realidad se trata de procesos técnicamente complejos, de gran envergadura económica y con importantes condicionantes ambientales y operativos.

Las inversiones asociadas a estas operaciones son muy elevadas, tanto por el coste de adquisición, explotación y mantenimiento de la maquinaria —específica para estas labores— como por los grandes volúmenes de material que se manejan. Por ello, la correcta elección del equipo de dragado resulta determinante para la viabilidad técnica y económica de cualquier proyecto. Además, el dragado no suele ser un fin en sí mismo, sino un medio para posibilitar otras actuaciones: la construcción y ampliación de puertos, el mantenimiento de calados, la protección de costas, la obtención de materiales o la creación de nuevos terrenos. Se trata de operaciones de difícil control, tanto en la fase de diseño como en la fase de construcción.



Figura 1: Equipo de dragado en la restauración de las playas del Saler, en Valencia (*Van Oord*).

## 2. Objetivos del dragado y clasificación

La necesidad de dragar aparece con frecuencia en numerosas operaciones marítimas y portuarias, en embalses, canales, ríos y lagos. Las labores de dragado permiten, por ejemplo:

- Construcción y ampliación de puertos.

- Mantenimiento y mejora de calados en puertos y cauces.
- Mantenimiento y mejora de capacidad de desagüe en ríos y canales.
- Recuperación de zonas bajas inundables y drenaje de zonas pantanosas.
- Sustitución de terrenos de bajas características geotécnicas.
- Creación de suelo ganando terreno al mar.
- Cimentación y protección de obras marítimas (*offshore*)
- Construcción de rellenos para bases de carreteras, diques y aeropuertos.
- Trincheras submarinas para oleoductos, tuberías y emisarios.
- Extracción de materiales para la construcción y minerales.
- Extracción de sedimentos y áridos marinos.
- Extracción de arenas para la regeneración de playas.
- Creación de islas artificiales en aguas costeras.
- Limpieza de fondos contaminados y sustitución.

Así, desde el punto de vista de su finalidad, las obras de dragado pueden ser:

- Dragados de primer establecimiento: cuando se crea una nueva infraestructura o calado. También en algunos casos de dragados extractivos, que lo que persiguen es extraer materiales de los lechos acuáticos para ser empleados como materiales de construcción, como minerales, o simplemente como arena en la playa.
- Dragados de mejora: cuando se amplían o profundizan las condiciones existentes. Es habitual que el crecimiento del tráfico marítimo obligue a albergar en un puerto buques de mayor calado, haciendo necesario rebajar el lecho de las dársenas portuarias.
- Dragados de conservación o mantenimiento, destinados a compensar la sedimentación natural. Es habitual en canales navegables, accesos a puertos (bocanas) en lechos arenosos, o en embalses cuyos vasos se colmatan afectando a los elementos de desagüe de fondo debido a los sedimentos que deja el agua al estancarse.

Atendiendo a su forma de operación, las dragas se agrupan en tres grandes familias: dragas mecánicas, dragas hidráulicas o de succión, y equipos especiales (figura 2):

**Dragas mecánicas** Las dragas mecánicas constituyen un grupo de equipos de dragado caracterizados por la excavación directa del material del fondo mediante elementos sólidos –cucharas, cazos, palas o cangilones–, sin recurrir a la aspiración hidráulica (figura 2a).

**Dragas hidráulicas** Trabajan aspirando el material en forma de «pulpa» (mezcla de agua y sólidos) mediante bombas centrífugas. Dentro de este grupo destacan las dragas de succión en marcha, las dragas de succión con cabezal cortador, las estacionarias de succión, las dragas *Dustpan* y las dotadas de inyectores de agua. Su principal ventaja es la elevada producción y la posibilidad de transportar directamente el material hasta el punto de vertido mediante tuberías o mediante la propia cántara del buque (figura 2b).

**Equipos especiales** Incluyen sistemas menos convencionales, como dragas neumáticas, bombas de pistón, inyección de aire comprimido o equipos anfibios, que se emplean en situaciones muy específicas.



(a) Draga mecánica (Henan Weihua).

(b) Draga hidráulica (Damen).

Figura 2: Dragas mecánicas e hidráulicas.

### 3. Dragas mecánicas

Las **dragas mecánicas** son equipos de dragado que excavan el fondo mediante un *órgano excavador sólido* (cangilones, cucharas, cazos o palas) y elevan el material por medios mecánicos, sin recurrir al principio de aspiración de una mezcla agua–sólidos. En consecuencia, el material se extrae en una condición próxima a **sólido excavado** y no como **pulpa**, lo que tiene implicaciones directas sobre la geometría del corte, la producción, los medios de transporte y el control de la operación.

De forma general, el dragado mecánico se asocia a situaciones en las que:

- el **material es de difícil aspiración** (por su cohesión, granulometría o presencia de elementos heterogéneos),
- la **distancia** entre el frente de dragado y el punto de vertido es **considerable**,
- existe una **profundidad de corte suficiente** como para que la operación resulte económicamente viable,
- se debe **respetar un perfil transversal bien definido** (control geométrico),
- y se acepta que el sistema es, en términos generales, **sensible al oleaje** y que suele requerir **anclaje** o elementos de fijación.

Desde el punto de vista operativo, las dragas mecánicas suelen trabajar con **transporte auxiliar** (barcazas o gánguiles) o con **vertido directo** cuando la logística y las condiciones del entorno lo permiten. En el *tren de dragado*, la draga constituye el equipo excavador, mientras que la evacuación del material puede apoyarse en gánguiles, remolcadores y elementos auxiliares (boyas, sondas, etc.), no siendo imprescindible que estén presentes todos los elementos si se dispone, por ejemplo, de unidades autopropulsadas.

Un aspecto clave es que casi todas las dragas mecánicas presentan un trabajo **discontinuo** (ciclos de carga–elevación–descarga), lo que reduce la producción frente a equipos continuos o hidráulicos. La **excepción** dentro del dragado mecánico clásico es la draga de rosario de cangilones, que opera de manera continua.

Dentro de la familia de dragas mecánicas puede distinguirse:

- **Equipos de excavación continua:**

- Draga de rosario de cangilones.
- **Equipos de excavación discontinua (ciclos):**
  - Draga retroexcavadora.
  - Draga de cuchara (sobre pontona) y su variante autoportadora.
  - Draga de pala (*dipper*).
  - Dragalina (adaptación de equipo terrestre).
- **Equipos de remoción/nivelación:**
  - Draga niveladora de fondo o de remoción (tipo «arado»).

### 3.1. Draga de rosario de cangilones

La **draga de rosario de cangilones** (figura 3) es un equipo constituido por un **barco o pontona** que porta una **cadena sin fin de cangilones** (*rosario*) encargada de **excavar, cargar y elevar** el material desde el fondo hasta la zona superior de descarga. Es el **único equipo mecánico** de dragado tradicional que trabaja de manera **continua**, ya que la excavación y elevación se producen de forma ininterrumpida mientras la cadena está en marcha.

Este tipo de draga destaca por dos rasgos fundamentales:

- **Continuidad de operación** (elevación continua de material).
- **Capacidad para trabajar en una gran variedad de suelos**, incluso materiales muy resistentes, llegando a operar en **rocas de resistencia del orden de 10–15 MPa** en determinadas condiciones y configuraciones.

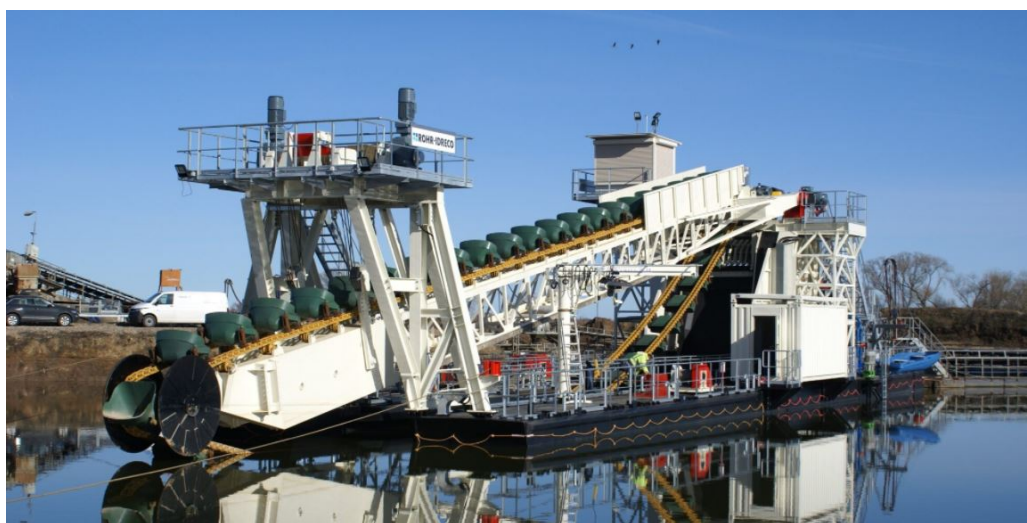


Figura 3: Draga de rosario o de cangilones (CEMEX Kies Rogätz GmbH)

Sin embargo, la evacuación del material suele requerir **barcazas** (figura 4) o un **vertido directo** condicionado, lo que puede dificultar su uso en ciertas aplicaciones (por ejemplo, regeneraciones costeras, donde se prefiere bombeo o transporte más flexible).

### 3.1.1. Elementos principales

Los elementos característicos del sistema incluyen:

1. **Estructura flotante:** pontona o casco de barco (en versiones autopropulsadas).
2. **Sistema de posicionamiento mediante anclajes:**
  - largos (proa y popa),
  - y cuatro traveses para desplazamiento lateral durante el barrido.
3. **Escala:** estructura soporte por la que discurre la cadena de cangilones y que define la geometría de corte.
4. **Sistema de elevación de la escala:** normalmente mediante un castillete de proa que permite variar la profundidad de trabajo.
5. **Cadena sin fin de cangilones y tambores** (inferior y superior) de guía y accionamiento.

Los **cangilones** suelen ser de **acero fundido** unidos por eslabones; su capacidad típica se sitúa aproximadamente entre **0.15 y 1.20 m<sup>3</sup>**. La operación se caracteriza por una velocidad de escala del orden de **30 cangilones por minuto**, existiendo una gran variedad de diseños en función del material: desde cangilones para sedimentos hasta configuraciones reforzadas para roca, con posible **escarificador**.



Figura 4: Descarga lateral de la draga a un pontón (*Pan Nova*)

### 3.1.2. Modo de operación

El procedimiento de trabajo puede describirse como un ciclo de **barrido en calles** combinando desplazamientos laterales y avances longitudinales:

1. **Estacionamiento y preparación:** se sitúa la draga en la zona de trabajo.
2. **Fondeo y posicionamiento:** se despliegan los **seis anclajes** (longos y traveses), generando un sistema de reacción que permite controlar el movimiento durante la excavación.
3. **Logística de transporte:** se posiciona la barcaza (gánguil) junto a la draga para recibir el material, o se establece vertido directo si procede.
4. **Descenso de la escala:** se baja la escala hasta alcanzar la capa a dragar, trabajando típicamente con una inclinación próxima a **45°** para un compromiso adecuado entre penetración y elevación.
5. **Excavación y elevación continua:** se pone en marcha el tambor de arrastre; la cadena carga los cangilones, eleva el material y lo descarga en la parte superior.
6. **Descarga:** el material se vierte sobre el gánguil mediante un dispositivo basculante.
7. **Desplazamiento lateral (barrido):** la draga se desplaza lateralmente mediante la operación coordinada de los traveses, barriendo la anchura de la calle de dragado.
8. **Avance longitudinal:** una vez completada la calle, se recoge una pequeña longitud del **longo de proa** y se repite el proceso para iniciar una nueva franja de corte.

Este modo de operación explica por qué el **despliegue de anclajes** es grande y puede interferir con la navegación: la draga necesita un «campo» de fondeo amplio para maniobrar durante el barrido.

### 3.1.3. Ventajas e inconvenientes

Entre los aspectos favorables del equipo pueden destacarse:

- **Dragado continuo** y aplicable a **muchos tipos de materiales**.
- **Baja dilución** del material dragado (no se forma pulpa), lo que es ventajoso cuando se desea minimizar aportes de agua.
- **Buen control del perfil excavado**, con resultados muy regulares.
- **Buena reacción frente a escombros** (aunque presenta limitaciones cuando aparecen elementos como cadenas o cables).

Sus limitaciones operativas y económicas son relevantes:

- **Gran despliegue de anclajes**, que **dificulta la navegación** en el entorno de trabajo.
- **Dependencia de barcasas** para la evacuación del material, lo que penaliza su empleo en ciertas aplicaciones (p. ej. rellenos costeros).
- **Pérdidas de material** relativamente elevadas en suelos granulares y **niveles de ruido** importantes.
- **Baja eficiencia** cuando la capa a dragar es de **pequeño espesor**.
- **Problemas de descarga** de cangilones en materiales cohesivos.
- No es muy recomendable en **aguas someras**, por la posición y trayectoria de la cadena, que puede inducir **sobreexcavación**.
- **Altos costes** de instalación y de operación.

### 3.1.4. Límites de utilización

Como referencia, el equipo presenta límites típicos de utilización como:

- Profundidad mínima de agua: **5.0 m**.
- Profundidad máxima de dragado: **35 m**.
- Anchura máxima de corte (pasada única): **150 m**.
- Altura máxima de ola: **1.5 m**.
- Velocidad máxima de corriente: **2.0 nudos**.
- Tamaño máximo de partícula: **1500 mm**.
- Resistencia máxima a compresión (roca intacta): **10 MPa**.

### 3.2. Draga retroexcavadora

La **draga retroexcavadora** (figura 5) es un equipo de dragado mecánico formado por una **retroexcavadora hidráulica convencional** montada sobre una **estructura flotante** (pontón), normalmente mediante un pedestal situado en uno de sus extremos. Constituye una adaptación directa de los equipos terrestres de excavación al medio acuático, conservando el mismo principio de funcionamiento que una retroexcavadora en tierra firme.



Figura 5: Draga retroexcavadora con tres *spuds* (VL Maritime Services Ltd.)

El órgano excavador es un **cazo o cuchara hidráulica**, que actúa mediante un movimiento de retroceso, excavando el material del fondo y elevándolo posteriormente para su descarga. La simplicidad conceptual del sistema, junto con su elevada versatilidad, ha convertido a la draga retroexcavadora en uno de los equipos mecánicos más utilizados en dragados localizados y en entornos complejos.

Este tipo de draga trabaja siempre de forma **discontinua**, mediante ciclos sucesivos de excavación, elevación y descarga, lo que limita su producción frente a sistemas continuos, pero permite un

**control muy preciso** de la geometría y de la posición del frente de dragado.

### 3.2.1. Configuración y elementos principales

Los componentes fundamentales de una draga retroexcavadora son:

1. **Pontón flotante:** estructura que proporciona flotabilidad y estabilidad al conjunto.
2. **Pedestal o bancada de montaje:** soporte rígido sobre el que se instala la retroexcavadora.
3. **Retroexcavadora hidráulica:**
  - pluma,
  - brazo,
  - cazo o cuchara de excavación.
4. **Sistema de posicionamiento:** generalmente mediante **spuds** (pilones de anclaje vertical).
5. **Medios auxiliares de transporte:** barcasas o gánguiles para la evacuación del material dragado.

El uso de sistemas hidráulicos proporciona una elevada precisión en el control del movimiento del cazo, lo que permite trabajar con tolerancias geométricas ajustadas, incluso en zonas sensibles o próximas a estructuras existentes.

### 3.2.2. Campo de aplicación

La draga retroexcavadora es adecuada para:

- **Todo tipo de suelos**, incluidos materiales cohesivos, suelos densos y **rocas de resistencia moderada** (hasta aproximadamente **10 MPa**).
- **Espacios reducidos** o confinados, donde otros equipos con grandes anclajes no pueden operar.
- Trabajos que requieren **alta precisión** en profundidad y posición.

Por el contrario, su uso resulta poco favorable en operaciones de **gran volumen** o en **regeneraciones costeras**, debido a su baja producción y a la dependencia de barcasas para el transporte del material.

### 3.2.3. Modo de operación

El ciclo de trabajo de una draga retroexcavadora puede describirse de forma secuencial como sigue:

1. **Situación del pontón** en la zona de dragado.
2. **Descenso de los spuds** (habitualmente tres), que absorben los esfuerzos horizontales generados durante la excavación.
3. **Descenso del brazo y del cazo** hasta el fondo.

4. **Excavación del material** mediante el movimiento de retroceso del cazo.
5. **Elevación del material** hasta la cota de descarga.
6. **Carga del material** sobre el gánguil o barcaza.
7. **Reposicionamiento del equipo:**
  - izado de los spuds delanteros,
  - giro de la draga alrededor del spud de popa (eje motor),
  - nuevo posicionamiento para reiniciar el ciclo.

Este modo de trabajo permite una excavación controlada por sectores, facilitando el cumplimiento de perfiles de proyecto exigentes.

#### 3.2.4. Ciclo de trabajo elemental

Desde el punto de vista cinemático, el ciclo típico incluye:

- empuje del cazo dentro del terreno,
- elevación del cazo cargado,
- balanceo hacia el punto de descarga,
- descarga del material,
- retorno del cazo al punto de excavación.

La repetición de este ciclo define una operación necesariamente **intermitente**, con tiempos muertos asociados al movimiento y posicionamiento del equipo.

#### 3.2.5. Ventajas e inconvenientes

Entre las principales ventajas de la draga retroexcavadora destacan:

- **Alta capacidad para trabajar en materiales variados**, incluidos escombros.
- **Posibilidad de operar en espacios confinados.**
- **Ausencia de sistemas complejos de anclaje** (no requiere longos).
- **Reducción de la dilución** del material dragado.
- **Excelente control** de la posición y de la profundidad de excavación.
- **Coste de operación y mantenimiento relativamente bajo.**

Sus principales limitaciones son:

- **Baja producción**, debido al carácter discontinuo del proceso.
- **Dependencia de barcasas** para la evacuación del material.
- **Escasa profundidad máxima de dragado** en comparación con otros equipos mecánicos.

### 3.2.6. Límites de utilización

Como valores orientativos, las dragas retroexcavadoras presentan:

- Profundidad mínima de agua: **2 m.**
- Profundidad máxima de dragado: **24 m.**
- Anchura máxima de corte: **25 m.**
- Altura máxima de ola: **1.5 m.**
- Velocidad máxima de corriente: **2.0 nudos.**
- Resistencia máxima a compresión (roca intacta): **10 MPa.**

### 3.3. Draga de cuchara sobre pontona

La **draga de cuchara sobre pontona** (figura 6) es un equipo de dragado mecánico formado por una **grúa de celosía** instalada sobre un **pontón flotante**, desde cuyo extremo cuelga una **cuchara** que actúa como órgano excavador. La excavación se produce fundamentalmente por la acción del **peso propio de la cuchara**, que penetra en el material al descender hasta el fondo.

Este tipo de draga se caracteriza por su gran simplicidad mecánica y por su capacidad para trabajar a **grandes profundidades**, lo que la convierte en un equipo especialmente adecuado para dragados localizados y zanjas profundas. La producción es necesariamente **discontinua**, ya que el proceso se desarrolla mediante ciclos sucesivos de descenso, carga, elevación y descarga.



Figura 6: Draga bivalva (Jay Cashman Inc.)

### 3.3.1. Tipos de cucharas

Las cucharas empleadas pueden adoptar diversas configuraciones, en función del material a dragar y del objetivo de la operación:

- **Cuchara bivalva:** (figura 6) dos valvas que se cierran al elevarse, adecuada para sedimentos blandos.
- **Cuchara de gajos o tipo pulpo:** (figura 21) formada por varios pétalos articulados, indicada para la extracción de bloques o materiales heterogéneos.
- **Cucharas especiales (pólipos):** diseñadas para la manipulación de grandes piezas o escombros.

Dado que la fuerza de excavación es limitada, estas dragas resultan más eficaces en **materiales blandos o previamente tratados**.



Figura 7: Cuchara de gajos (*Marine equipment supply*)

### 3.3.2. Elementos principales

El equipo está constituido por:

1. **Pontón flotante**, que proporciona estabilidad.
2. **Grúa de celosía**, con pluma de longitud adecuada a la profundidad de dragado.
3. **Sistema de cables** de elevación y cierre de la cuchara.
4. **Sistema de posicionamiento**, normalmente mediante **spuds**.
5. **Barcazas o gánguiles** para la evacuación del material.

La profundidad máxima alcanzable depende directamente de la longitud y resistencia de los cables de la grúa.

### 3.3.3. Modo de operación

El ciclo de trabajo típico se desarrolla como sigue:

1. **Situación del pontón** en la zona de trabajo.
2. **Descenso de los spuds**, que fijan la posición del equipo.
3. **Descenso de la cuchara** hasta el fondo.
4. **Penetración y cierre de la cuchara**, cargando el material.
5. **Elevación de la cuchara cargada**.
6. **Descarga del material** sobre el gánguil.
7. **Izado parcial de los spuds** y giro del conjunto para reposicionarse.

Este proceso se repite hasta completar la zona asignada, avanzando por sectores.

### 3.3.4. Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas del equipo son:

- **Capacidad para trabajar a grandes profundidades** (hasta del orden de **50 m**).
- **Buen comportamiento en espacios confinados**.
- **Bajo calado** del pontón.
- **Reducción de la dilución** del material dragado.

Entre sus limitaciones destacan:

- **Baja producción**, por el carácter discontinuo del proceso.
- **Dependencia de barcasas** para la evacuación del material.
- **Escasa eficiencia** en capas delgadas y extensas.
- **Rango limitado de materiales** dragables (preferentemente blandos).

### 3.3.5. Límites de utilización

Valores característicos del equipo:

- Profundidad mínima de agua: **1 m**.
- Profundidad máxima de dragado: **50 m**.
- Altura máxima de ola: **2 m**.
- Velocidad máxima de corriente: **1.5 nudos**.
- Resistencia máxima a cizalladura (arcillas): **300 kPa**.
- Resistencia máxima a compresión (rocas): **1 MPa**.

## 3.4. Draga de cuchara autoportadora

La **draga de cuchara autoportadora** (figura 8) es una evolución de la draga de cuchara sobre pontona que incorpora una **cántara interna** para el almacenamiento del material dragado y dispone de **capacidad de autopropulsión**. La carga del material se realiza mediante una o varias grúas instaladas sobre la propia embarcación.

Esta configuración permite una mayor independencia operativa, al no depender de gánguiles auxiliares para el transporte inmediato del material, lo que resulta ventajoso en trabajos dispersos o de pequeño volumen.

### 3.4.1. Configuración y elementos

Los elementos principales incluyen:

1. **Casco autoportante** con sistemas de propulsión.
2. **Cántara de almacenamiento** del material dragado.
3. **Grúa o grúas de carga** con cucharas adecuadas.
4. **Sistema de anclaje** para las operaciones de dragado.



Figura 8: Draga de gajos autoportadora (Lesanco ApS)

### 3.4.2. Campo de aplicación

Este tipo de draga es adecuada para:

- **Tareas de dragado pequeñas y dispersas.**
- Operaciones en **condiciones de mar más severas** que las dragas sobre pontona.
- Trabajos que requieren **movilidad** entre diferentes puntos de actuación.

### 3.4.3. Ventajas e inconvenientes

Entre sus principales ventajas se encuentran:

- **Autopropulsión**, que permite operar de forma independiente.
- **Operación más continua** al disponer de almacenamiento propio.
- **Mayor seguridad** en condiciones de mar moderadas.

Sus limitaciones más relevantes son:

- **Radio de operación reducido.**
- **Mayor calado** respecto a las dragas sobre pontona.
- **Tiempo adicional** en la gestión de anclajes.
- **Posible interferencia** de los cables de anclaje con otras embarcaciones.

### 3.4.4. Límites de utilización

Valores típicos:

- Profundidad mínima de agua: **3 m.**
- Profundidad máxima de dragado: **45 m.**
- Altura máxima de ola: **2 m.**
- Velocidad máxima de corriente: **1.5 nudos.**
- Espesor máximo de capa de hielo: **200 mm.**
- Resistencia máxima al corte (arcillas): **100 kPa.**

### 3.5. Draga de pala

La **draga de pala** (9) es un equipo de dragado mecánico que emplea una **pala excavadora frontal** (*dipper*) accionada generalmente mediante **cables**, montada sobre un **pontón flotante**. Desde el punto de vista conceptual, puede considerarse una variante robusta de la draga retroexcavadora, aunque con un principio de excavación distinto: la pala trabaja **empujando el material hacia delante** dentro de la capa a dragar.



Figura 9: Draga de pala (*Rialto M Christensen*)

Históricamente, este tipo de draga ha tenido una implantación notable en dragados mecánicos clásicos, si bien en la actualidad ha sido en gran medida sustituida por las dragas retroexcavadoras hidráulicas, más versátiles y de operación más sencilla.

La draga de pala se caracteriza por un funcionamiento **discontinuo**, mediante ciclos sucesivos de excavación, elevación y descarga, y por una construcción generalmente **muy robusta**, adecuada para trabajar en materiales relativamente resistentes.

### 3.5.1. Configuración y elementos principales

Los elementos básicos que constituyen este equipo son:

1. **Pontón flotante**, que proporciona estabilidad y soporte estructural.
2. **Grúa o estructura portante** con pluma de celosía.
3. **Sistema de cables**, encargado de accionar la pala (cables de elevación y empuje).
4. **Pala excavadora frontal**, que actúa como órgano excavador.
5. **Sistema de posicionamiento**, normalmente mediante **spuds** o patas del pontón.
6. **Barcazas** para el transporte del material excavado.

El accionamiento por cables confiere al equipo una elevada resistencia mecánica, pero incrementa notablemente la complejidad de instalación y operación.

### 3.5.2. Campo de aplicación

La draga de pala resulta adecuada para:

- **Amplio rango de materiales**, incluyendo arcillas resistentes, arcillas con cantos y **rocas débiles**.
- Situaciones en las que se requiere **penetrar dentro de la capa** con independencia del nivel previo del fondo.
- Operaciones en condiciones de **oleaje moderado**, especialmente cuando se emplean pontonas con patas.

No obstante, su uso resulta menos favorable frente a equipos hidráulicos modernos cuando se requieren grandes producciones o profundidades elevadas.

### 3.5.3. Modo de operación

El ciclo de trabajo de la draga de pala puede describirse de la siguiente manera:

1. **Posicionamiento del pontón** en la zona de dragado.
2. **Descenso de los spuds** para fijar la posición del equipo.
3. **Descenso de la pala** hasta el fondo.
4. **Empuje de la pala dentro de la capa**, excavando el material mediante acción frontal.
5. **Elevación de la pala cargada**.
6. **Balanceo hacia el punto de descarga**.
7. **Descarga del material** sobre el gánguil.
8. **Reposicionamiento del equipo** para iniciar un nuevo ciclo.

Este procedimiento se repite de forma secuencial, dando lugar a una producción intermitente.

### 3.5.4. Ventajas e inconvenientes

Entre las principales ventajas de la draga de pala pueden destacarse:

- **Capacidad para dragar materiales relativamente resistentes.**
- **Diseño robusto**, adecuado para condiciones exigentes.
- **Capacidad de avance dentro de la capa**, incluso con fondos irregulares.

Sus limitaciones más relevantes son:

- **Baja producción**, por tratarse de un proceso discontinuo.
- **Profundidad de dragado limitada** frente a otros sistemas.
- **Costes elevados de instalación**, especialmente en sistemas accionados por cables.
- **Menor resistencia al oleaje** cuando no se utilizan spuds.

### 3.5.5. Límites de utilización

Valores típicos:

- Profundidad mínima de agua: **3.5 m.**
- Profundidad máxima de dragado: **20 m.**
- Anchura máxima de corte: **30 m.**
- Altura máxima de ola: **1.5 m.**
- Velocidad máxima de corriente: **2.5 nudos.**
- Resistencia máxima a compresión (roca intacta): **12 MPa.**

## 3.6. Dragalina

La **dragalina** no es una draga diseñada específicamente para trabajos subacuáticos, sino la **adaptación de un equipo terrestre** de excavación mediante cuchara suspendida por cables a operaciones marítimas o fluviales. El sistema se basa en una **grúa de gran pluma** equipada con dos tambores: uno de elevación y otro de arrastre.

El órgano excavador es una **cuchara abierta** suspendida del cable de elevación, que se deposita sobre el fondo y es arrastrada hacia el equipo mediante el cable de tracción, cargándose de material en este desplazamiento.

### 3.6.1. Configuración y elementos principales

Los componentes característicos de una dragalina son:

1. **Grúa de gran alcance**, con pluma de elevada longitud.
2. **Sistema de doble cable:**
  - cable de elevación,

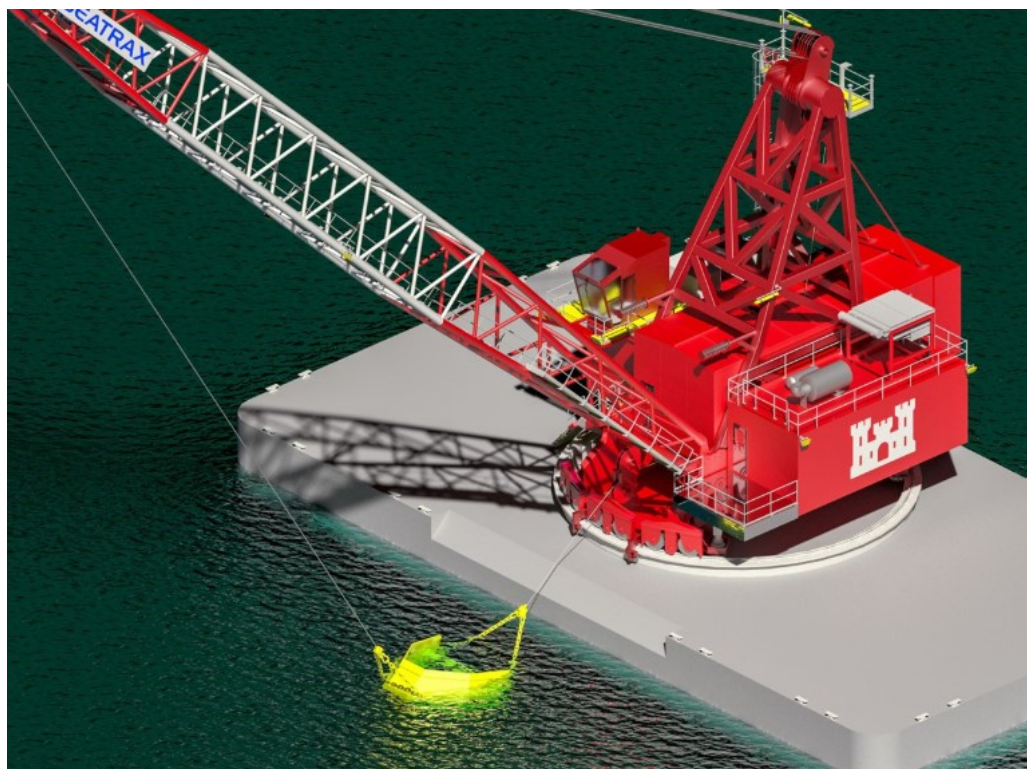


Figura 10: Dragalina (Seatrax Inc.)

- cable de arrastre.
3. **Cuchara abierta** de gran capacidad.
  4. **Soporte de trabajo:**
    - pontón flotante,
    - o emplazamiento desde tierra firme.

En configuraciones permanentes sobre pontona, la misma grúa puede emplearse alternativamente como draga de cuchara o como dragalina.

### 3.6.2. Campo de aplicación

La dragalina resulta especialmente adecuada para:

- Trabajos en **cauces estrechos** o zonas de difícil acceso.
- Operaciones donde es posible trabajar **desde tierra firme**.
- Dragados de **pequeño o medio volumen**.

### 3.6.3. Modo de operación

El ciclo de trabajo típico comprende:

1. **Descenso de la cuchara** hasta el fondo.



Figura 11: Dragalina operando desde la orilla (*Liebherr*)

2. **Arrastre de la cuchara** sobre el terreno mediante el cable de tracción.
3. **Carga progresiva** del material en la cuchara.
4. **Elevación de la cuchara cargada.**
5. **Balanceo** hacia la zona de descarga.
6. **Descarga del material.**
7. **Retorno de la cuchara** al punto inicial.

Este ciclo es completamente **discontinuo** y presenta tiempos muertos significativos.

#### 3.6.4. Ventajas e inconvenientes

Entre los aspectos favorables del sistema destacan:

- **Gran alcance horizontal** de excavación.
- **Flexibilidad de emplazamiento**, pudiendo trabajar desde tierra o sobre pontona.
- **Versatilidad** del equipo cuando se emplea en configuraciones mixtas.

Las principales limitaciones son:

- **Incremento del lavado y derrames** debido a la cuchara abierta.
- **Restricciones en el rebose** de los gánguiles.
- **Producción reducida**, al tratarse de un proceso discontinuo.

## 4. Dragas hidráulicas

Las **dragas hidráulicas** son equipos de dragado que excavan y transportan el material del fondo mediante el **principio de succión**, aspirando una mezcla de agua y sólidos (*pulpa*) que es impulsada por **bombas de dragado**, generalmente centrífugas. A diferencia de las dragas mecánicas, el material no se extrae en estado sólido, sino que se incorpora a un flujo hidráulico cuya composición y concentración condicionan la producción, el transporte y el método de descarga.

Este tipo de dragas es especialmente adecuado para la **obtención y transporte de materiales sueltos** –finos, arenas o gravas–, cuando se trabaja a cierta profundidad y a distancias considerables del punto de vertido. La elevada continuidad del proceso permite alcanzar **producciones muy altas**, aunque a costa de una mayor dilución del material dragado.

En función de su modo de operación, las dragas hidráulicas se clasifican en:

- Dragas de succión en marcha.
- Dragas de succión con cabezal cortador.
- Dragas con inyector de agua.
- Dragas estacionarias de succión.
- Dragas tipo *Dustpan*.

### 4.1. Dragas de succión en marcha

La **draga de succión en marcha** es un buque **autopropulsado** dotado de uno o varios **tubos flexibles de succión** que aspiran material del fondo mientras la embarcación se desplaza lentamente hacia delante. El material aspirado se almacena en una **cántara** situada en el casco, desde donde posteriormente se transporta hasta el lugar de descarga.

Este tipo de draga está especialmente concebido para trabajar en **mar abierto** y resulta idóneo cuando el material a dragar debe ser transportado a **grandes distancias** y el vertido no se realiza en las inmediaciones de la zona de excavación.

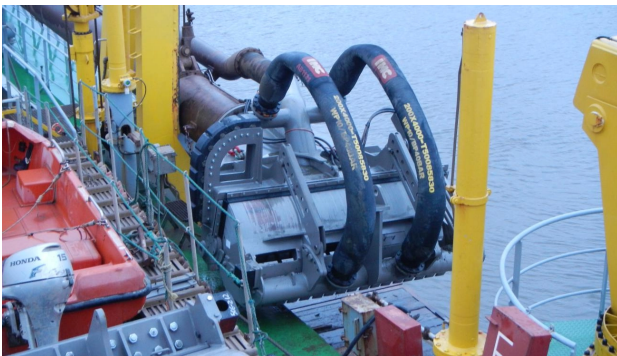


Figura 12: Draga de succión en marcha de fondo (*Jan de Nul*)

#### 4.1.1. Equipos de succión

La aspiración del material se realiza mediante **bombas centrífugas de dragado**, que pueden disponerse:

- **En el cabezal de succión (sumergibles) ver figura 13a:**
  - permiten mayores profundidades de dragado,
  - proporcionan mezclas más homogéneas,
  - reducen el riesgo de cavitación.
- **En el casco del buque: ver figura 13b**
  - presentan menor mantenimiento,
  - trabajan a menores profundidades,
  - pueden sufrir cavitación si las condiciones no son adecuadas.



(a) Cabezal de succión con bomba.



(b) Cabezal de succión sin bomba.

Figura 13: Dragas mecánicas e hidráulicas (IHC Dredging).

Las bombas están específicamente diseñadas para resistir **abrasión** y, en algunos casos, **impactos** debidos a partículas gruesas.

#### 4.1.2. Cabezal de dragado

En el extremo inferior del tubo de succión se dispone un **cabezal de dragado** (figura 14), cuya función es **remover el material del fondo** y maximizar la concentración de sólidos aspirados. El diseño del cabezal influye de manera decisiva en la eficiencia del proceso y en la calidad de la pulpa obtenida.

#### 4.1.3. Modo de operación

El ciclo operativo de una draga de succión en marcha se desarrolla de forma continua según la siguiente secuencia:

1. Llegada de la draga a la zona de trabajo.
2. Descenso de los tubos y cabezales de succión hasta la capa de sedimentos.
3. Puesta en marcha de las bombas y de los equipos de dragado.



Figura 14: Cabezal de dragado (IHC Dredging)

4. Desplazamiento lento del buque hacia delante mientras se realiza la succión.
5. Almacenamiento del material en la cántara hasta alcanzar el nivel de rebose.
6. Izado de los equipos de succión.
7. Transporte del material hasta el punto de descarga.
8. Descarga del material por vertido directo o bombeo.

#### 4.1.4. Métodos de descarga

Los principales métodos de descarga son:

**Descarga directa** Se realiza mediante la apertura de compuertas de fondo, que pueden ser:

- giratorias,
- deslizantes, o
- mediante apertura longitudinal del casco por bisagras (casco partido).

Es el método más económico y rápido, aunque presenta problemas cuando el material es cohesivo o contiene escombros.

**Descarga por bombeo** El material se bombea a través de tuberías:

- flotantes,
- apoyadas en el fondo marino,
- o mediante toberas curvas (*rainbowing*), muy utilizadas en regeneración de playas.



Figura 15: Tobera rainbowing (Krohne)

#### 4.1.5. Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas de este tipo de draga son:

- **Independencia operativa** y buena adaptación a condiciones de mar.
- **Gran capacidad de transporte** a largas distancias.
- **Elevada producción**, especialmente en grandes volúmenes.
- **Rentabilidad económica** en dragados extensos.

Entre sus limitaciones destacan:

- **Baja eficacia** en materiales resistentes o compactos.
- Necesidad de **zonas amplias de trabajo**.
- Producción afectada por la presencia de **escombros**.
- **Dilución del material** durante el proceso de dragado.

#### 4.1.6. Límites de utilización

Valores característicos:

- Profundidad mínima de trabajo (dragas pequeñas): **4 m**.
- Profundidad máxima de dragado (dragas grandes): **45 m**.
- Velocidad máxima de navegación: **17 nudos**.
- Perímetro mínimo de giro: **75 m**.
- Altura máxima de ola: **5 m**.
- Velocidad máxima de corriente: **3 nudos**.
- Tamaño máximo de partícula: **300 mm**.
- Resistencia máxima al corte del material: **75 kPa**.

## 4.2. Dragas de succión con cabezal cortador (CSD)

La **draga de succión con cabezal cortador** es un equipo de dragado hidráulico que combina la **acción mecánica de un órgano cortante** con el **transporte hidráulico** del material excavado. A diferencia de las dragas de succión en marcha, estas dragas **operan de forma estacionaria**, ancladas mediante pilonos y cables de giro, y realizan la excavación describiendo pasadas controladas sobre el fondo.



Figura 16: Draga de succión con cabezal cortador (Damen)

El material es desagregado por el **cabezal cortador** y conducido inmediatamente hacia la boca del tubo de succión, desde donde es impulsado por bombas de dragado hasta el punto de vertido, normalmente mediante tuberías. Este sistema permite trabajar en un **amplio rango de materiales**, incluidos suelos compactos y, en determinados casos, roca blanda.

### 4.2.1. Configuración y elementos principales

Los componentes fundamentales del equipo son:

#### 1. Estructura flotante:

- pontona remolcable,
- o casco de barco en unidades autopropulsadas de gran tamaño.

#### 2. Sistema de anclaje y posicionamiento:

- dos anclas laterales para el giro,
- dos pilonos en popa que actúan alternativamente como anclaje y eje de avance.

#### 3. Escala: estructura que soporta la tubería de succión y el cabezal cortador.

4. **Cabezal cortador (*cutter*):** órgano mecánico encargado de romper y remover el material.
5. **Sistema de elevación de la escala,** que regula la profundidad de trabajo.
6. **Tubería de impulsión,** que transporta la pulpa hasta la zona de vertido.

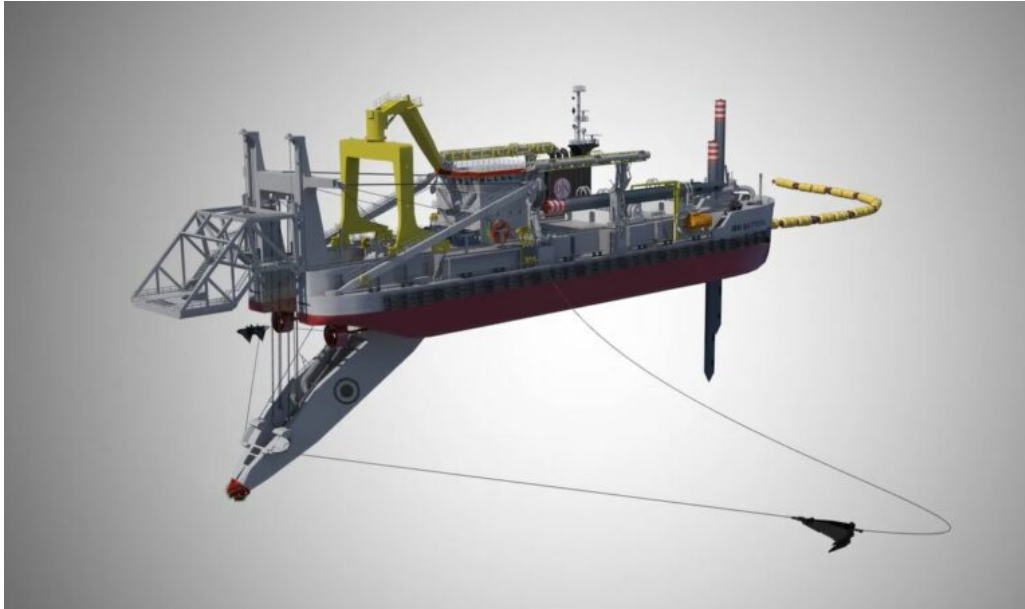


Figura 17: Esquema de instalación de una draga de succión estacionaria (*Jan de Nul*)

#### 4.2.2. Cabezal cortador: tipologías

El cabezal cortador es un elemento clave del sistema y existe una amplia variedad de diseños, adaptados al tipo de material a dragar:

- **Corona con cuchillas helicoidales**, para materiales compactos.
- **Hojas de filo plano**, adecuadas para sedimentos y arcillas blandas.
- **Trépano**, empleado en roca blanda.
- **Picas**, para materiales de dureza moderada.
- **Rodete de cangilones**, utilizado en terrenos muy compactos; ofrece altas concentraciones de sólidos, aunque con elevado coste.
- **Disco cortador**, eficaz en materiales finos y capas de pequeño espesor.



Figura 18: Cabezal cortador de rodete de cangilones (*Hi Sea Group*)

La selección del cabezal condiciona la producción, la concentración de sólidos y el desgaste del equipo.

### 4.2.3. Campo de aplicación

Las dragas de succión con cabezal cortador presentan un **campo de aplicación muy amplio**, siendo especialmente adecuadas para:

- Restauración de terrenos y **rellenos hidráulicos**.
- Dragados en zonas de **radio de acción limitado**.
- Trabajos en **aguas poco profundas**.

### 4.2.4. Modo de operación

El proceso de trabajo se desarrolla mediante pasadas sucesivas en arco, según la siguiente secuencia:

1. Llegada de la draga a la zona de trabajo.
2. Anclaje de los pilonos de popa.
3. Colocación de las anclas laterales y conexión de los cables de giro.
4. Conexión de la tubería de impulsión hasta el punto de vertido.
5. Izado de uno de los pilonos y descenso de la escala y del cabezal cortador.
6. Puesta en marcha de las bombas de succión y del cabezal.
7. Recogida de uno de los cables laterales y largado del opuesto, describiendo el buque un **arco de circunferencia** alrededor del pilono anclado.
8. Excavación y descarga continua del material a través de la tubería.
9. Repetición de pasadas hasta alcanzar la profundidad o geometría deseada.
10. Cambio de pilono activo y reinicio del proceso para la siguiente franja.

### 4.2.5. Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas de este tipo de draga son:

- **Amplio rango de materiales dragables**, incluidos suelos muy compactos.
- **Bombeo directo** del material a la zona de deposición.
- **Alta producción** y buena precisión geométrica.
- Posibilidad de trabajar en **aguas poco profundas**.

Entre sus limitaciones destacan:

- **Alta sensibilidad** a las condiciones del mar.
- **Profundidad máxima limitada** (en torno a 30–35 m).
- **Costes elevados** de desplazamiento y montaje.
- **Distancia de transporte limitada** por razones económicas.

#### 4.2.6. Límites de utilización

Valores característicos:

- Profundidad mínima de operación: **0.75 m.**
- Profundidad máxima de dragado: **35 m.**
- Anchura máxima de corte: **175 m.**
- Altura máxima de ola: **2 m.**
- Velocidad máxima de corriente: **2 nudos.**
- Tamaño máximo de partícula: **500 mm.**
- Resistencia máxima a compresión del terreno: **50 MPa.**

#### 4.3. Dragas con inyectores de agua

Las **dragas con inyectores de agua** son equipos de dragado hidráulico cuyo principio de funcionamiento no se basa en la aspiración directa del material, sino en la **agitación y fluidificación del sedimento** mediante la inyección de agua a **baja presión**. Esta inyección reduce la densidad aparente del material del fondo, generando una pulpa que puede desplazarse por gravedad o por la acción de las corrientes naturales.



Figura 19: Draga con inyectores de agua (TMS)

Se trata de un sistema especialmente eficaz cuando el material a dragar es **fino, suelto y poco cohesivo**, y cuando la geometría del fondo permite que el sedimento fluidificado se desplace siguiendo un **plano inclinado descendente**. En estas condiciones, pueden movilizarse grandes volúmenes de material con un consumo energético reducido.

#### 4.3.1. Principio de funcionamiento

El método se basa en los siguientes mecanismos:

- Inyección de agua a baja presión en la capa superficial del sedimento.
- Disgregación y fluidificación del material fino.
- Formación de una pulpa de menor densidad que el sedimento original.
- Desplazamiento del material fluidificado por acción de la gravedad y de las corrientes.

A diferencia de otros sistemas hidráulicos, no se produce una extracción propiamente dicha del material, sino un **traslado controlado** dentro del medio acuático.

#### 4.3.2. Configuración y elementos principales

Los elementos característicos de estas dragas son:

1. **Estructura flotante**, autopropulsada o remolcable.
2. **Boquillas inyectoras** dispuestas en el extremo inferior de la estructura.
3. **Sistema de bombeo de agua**, encargado de suministrar el caudal necesario a las boquillas.
4. **Sistema de posicionamiento**, que permite controlar la trayectoria de la draga durante la operación.

La sencillez de estos componentes hace que el equipo sea relativamente ligero y de fácil maniobrabilidad.

#### 4.3.3. Modo de operación

El proceso operativo se desarrolla de forma secuencial como sigue:

1. Posicionamiento de la draga en el punto inicial de trabajo.
2. Descenso de las boquillas inyectoras hasta penetrar en la capa de sedimentos.
3. Inyección de agua a baja presión para fluidificar el material.
4. Avance de la draga en el sentido del desplazamiento previsto de la pulpa.
5. Acumulación del material en la zona inferior del talud o área de depósito.

El control de la operación se basa en la correcta definición de la pendiente y de la trayectoria de desplazamiento del material.

#### 4.3.4. Campo de aplicación

Las dragas con inyectores de agua se emplean fundamentalmente en:

- **Mantenimiento de canales de navegación.**
- **Mantenimiento de calados** en puertos y marinas.
- Eliminación de sedimentos finos en **taludes** próximos a tierra firme.
- **Desencallado de embarcaciones.**
- Nivelación del fondo marino para **tendido de tuberías** o **cimentaciones**.
- Redistribución de materiales tras dragados realizados con otros métodos.
- Incremento de la profundidad de enterramiento de **cables y tuberías submarinas**.

#### 4.3.5. Ventajas e inconvenientes

Entre las principales ventajas de este sistema destacan:

- **Gran productividad** cuando se dan las condiciones geométricas adecuadas.
- **Economía de operación**, al no requerir transporte ni bombeo de pulpa.
- **Alta maniobrabilidad** y **escaso calado**, lo que permite operar en espacios reducidos.
- Posibilidad de trabajar en zonas donde otros métodos no resultan viables, como **taludes**.

Sus principales limitaciones son:

- **Uso restringido** a materiales finos y sueltos.
- **Imposibilidad de trabajar** si el material debe desplazarse con contrapendiente.
- **Aplicación limitada** a desplazamientos locales del material.
- **Alta dependencia** de la geometría y de los taludes del lecho marino.

#### 4.3.6. Límites de utilización

Valores característicos de funcionamiento:

- Profundidad mínima de operación (dragas pequeñas): **3 m**.
- Profundidad máxima de dragado (dragas grandes con conducto rígido): **15 m**.
- Altura máxima de ola: **0.5 m**.
- Tipo de terrenos: **muy blandos, de baja cohesión y grano fino**.

#### 4.4. Dragas estacionarias de succión

Las **dragas estacionarias de succión** son equipos de dragado hidráulico dotados de un **mecanismo de succión sumergible**, similar al empleado en las dragas de succión en marcha, pero que **operan ancladas**, sin desplazamiento continuo del buque durante la excavación. El material aspirado se bombea normalmente sobre **barcazas o gánguiles**, o bien a través de tuberías hasta el punto de vertido.

Durante la operación de succión se genera en el lecho una **depresión con forma de cono invertido**, característica de este tipo de dragado, que condiciona tanto la geometría final como el rendimiento del proceso.



Figura 20: Draga estacionaria de succión (*Dredge Yard*)

#### 4.4.1. Configuración y elementos principales

Los componentes fundamentales del equipo son:

1. **Estructura flotante**, generalmente una pontona.
2. **Sistema de anclaje**, que fija la posición durante la operación.
3. **Equipo de succión sumergible**, con tubería rígida o flexible.
4. **Bombas de dragado**, encargadas de impulsar la pulpa.
5. **Sistema de descarga**, mediante bombeo o carga directa sobre gánguiles.

En muchos casos se incorporan **cabezales inyectoros de agua** para favorecer la fluidificación del material granular y mejorar el rendimiento de la succión.

#### 4.4.2. Campo de aplicación

Las dragas estacionarias de succión se emplean preferentemente en:

- **Extracción de materiales granulares** (arenas y gravas).
- Operaciones de **gran rendimiento** cuando los sedimentos presentan **gran espesor**.
- Trabajos de **restauración de terrenos** mediante rellenos hidráulicos.

No se utilizan habitualmente en el **mantenimiento de canales de navegación**, ya que la geometría del cono de succión no permite un control preciso del perfil final.

#### 4.4.3. Modo de operación

El ciclo de trabajo se desarrolla de la siguiente forma:

1. Estacionamiento de la draga en la zona de trabajo.
2. Posicionamiento de la barcaza junto a la draga o conexión de las tuberías de impulsión.
3. Descenso de los equipos de succión hasta alcanzar la capa de material granular.
4. Puesta en marcha de las bombas y, en su caso, de los inyectores de agua.
5. Aspiración del material y carga de los gánguiles o bombeo hacia el punto de vertido.
6. Finalizada la excavación, izado de los equipos y reposicionamiento de la draga.

#### 4.4.4. Ventajas e inconvenientes

Entre las principales ventajas del sistema destacan:

- **Gran profundidad máxima de dragado.**
- **Elevado rendimiento** en sedimentos granulares espesos.
- **Simplicidad operativa** respecto a otros sistemas hidráulicos complejos.

Sus principales limitaciones son:

- **Geometría poco controlada** del fondo dragado.
- **Aplicación restringida** a suelos granulares permeables.
- **No aptas** para dragados de mantenimiento de canales.

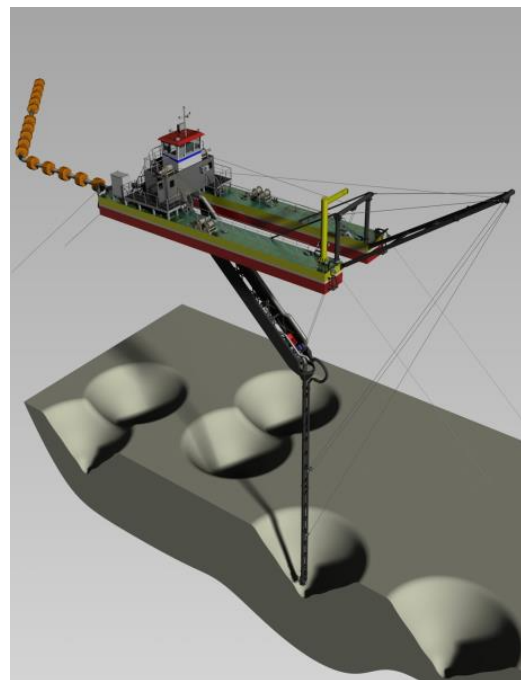


Figura 21: Instalación de draga de succión estacionaria (Holland MT)

#### 4.4.5. Límites de utilización

Valores característicos:

- Profundidad mínima de operación: **3 m.**
- Profundidad máxima de dragado: **50 m.**
- Altura máxima de ola: **3 m.**
- Velocidad máxima de corriente: **3 nudos.**
- Tipo de terreno: **suelos granulares permeables.**

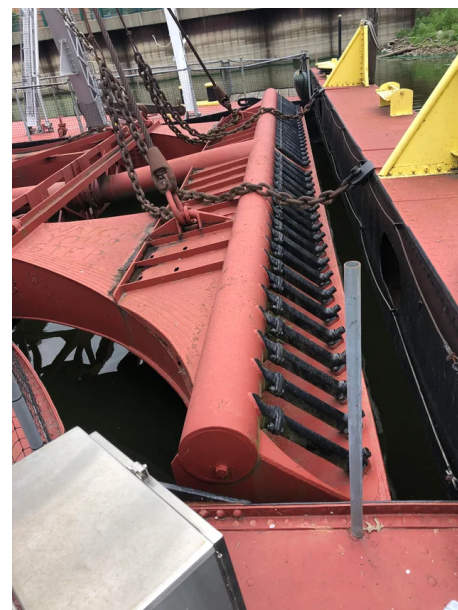
## 4.5. Dragas tipo Dustpan

La **draga tipo Dustpan** es un equipo de dragado hidráulico caracterizado por una **cabeza de succión de gran anchura**, conectada a una **tubería flotante de corta longitud** por la que se realiza la descarga del material. Desde el punto de vista conceptual, puede considerarse una variante de la draga de succión con cabezal cortador, diferenciándose principalmente en el diseño de la cabeza de succión.

Estas dragas están especialmente concebidas para la **remoción de capas delgadas de material suelto** que se extienden sobre grandes superficies, como ocurre en los canales de navegación.



(a) Draga completa.



(b) Detalle cabezal de succión.

Figura 22: Draga Dustpan (IADC Dredging).

### 4.5.1. Campo de aplicación

Las dragas Dustpan se utilizan fundamentalmente cuando:

- la **zona de descarga** se encuentra próxima a la zona de dragado,
- se requiere **mantener navegables** canales sometidos a sedimentación continua,
- el material es **suelto y de grano fino**.

Pueden descargar en tierra firme, aunque en estos casos se pierde parte de la libertad de movimiento de la draga.

### 4.5.2. Modo de operación

El ciclo de trabajo típico se desarrolla según la siguiente secuencia:

1. Situación de la cabeza de anclaje aguas arriba del límite de la zona de dragado.
2. Posicionamiento y anclaje inicial de la draga.

3. Inicio de la operación, dejando que la embarcación se desplace aguas abajo.
4. Descenso de la cabeza de succión hasta la profundidad deseada.
5. Avance controlado de la draga mediante anclajes laterales.
6. Dragado continuo hasta alcanzar el límite del área de trabajo.
7. Finalización de la pasada y, si es necesario, repetición para capas más gruesas.
8. Desplazamiento a la zona contigua una vez completado el tramo.

#### 4.5.3. Ventajas e inconvenientes

Entre los aspectos favorables del sistema destacan:

- **Gran eficacia** en la remoción de capas estrechas sobre grandes superficies.
- **Alta productividad** en dragados de mantenimiento.
- **Simplicidad** del sistema de descarga.

Sus principales limitaciones son:

- **Profundidad de trabajo limitada.**
- **Dependencia** de la proximidad del punto de descarga.
- **Aplicación restringida** a materiales sueltos.

#### 4.5.4. Límites de utilización

Valores característicos:

- Profundidad mínima de operación: **1.5 m.**
- Profundidad máxima de dragado: **20 m.**
- Velocidad máxima de dragado: **0.5 nudos.**
- Profundidad máxima de corte por pasada: **10 m.**
- Distancia máxima de descarga: **500 m.**

## 5. Dragas especiales

Se agrupan bajo la denominación de **dragas especiales** aquellos equipos de dragado que **no responden a los esquemas clásicos** de dragado mecánico ni hidráulico, y que se desarrollan para dar respuesta a **condiciones particulares** del material, del entorno o de la operación.

Estas dragas suelen emplearse cuando:

- el material presenta **características singulares** (muy fino, muy abrasivo, contaminado, etc.),
- las **condiciones geométricas o de acceso** impiden el uso de dragas convencionales,

- se requiere un **método de extracción específico** por razones técnicas o económicas.

En general, se trata de equipos de **producción limitada**, altamente especializados y, en muchos casos, concebidos como **complemento** a otros sistemas de dragado dentro de una operación global.

### 5.1. Dragas con bomba de chorro

La **draga con bomba de chorro** es un equipo que incorpora un **inyector de agua a alta presión** capaz de generar un efecto **Venturi**, favoreciendo el transporte de la mezcla sólido-agua a través de una tubería. No sustituye necesariamente a la bomba principal, sino que puede **complementar** a sistemas de succión convencionales.

El principio básico consiste en la inyección de un chorro de agua a elevada velocidad, que reduce la presión en la tubería de transporte y facilita el arrastre del material excavado, especialmente cuando se trata de mezclas abrasivas.



Figura 23: Draga con bomba de chorro (Vuyk Engineering)

#### 5.1.1. Configuración y elementos principales

El sistema incluye:

1. **Bomba inyectora** de alta presión.
2. **Tobera de inyección** situada en la línea de transporte.
3. **Tubería de descarga**.
4. **Sistema de control del caudal y presión**.

Este tipo de bomba puede instalarse en distintos tipos de dragas que trabajen por succión.

#### 5.1.2. Campo de aplicación

Las dragas con bomba de chorro se emplean preferentemente en:

- **Operaciones mineras**, como la extracción de áridos.
- **Limpieza de lodos y arenas** en pequeños dragados.
- Transporte de **pulpa abrasiva** a distancias moderadas.

**5.1.3. Ventajas e inconvenientes**

- Permite dragar a **mayor profundidad** sin riesgo de cavitación.
- Reduce el **riesgo de obturación** de la tubería.
- Disminuye el **desgaste** de los equipos al transportar mezclas abrasivas.

- **Menor eficiencia** que las bombas centrífugas para transporte de sólidos.
- **Altura de elevación reducida.**
- **Distancia de transporte limitada.**

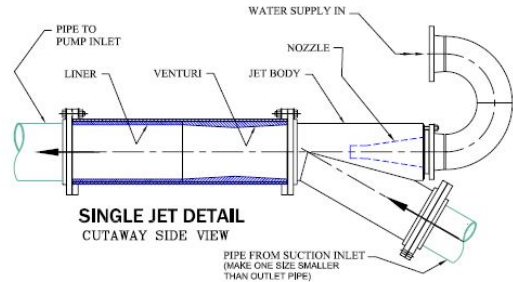
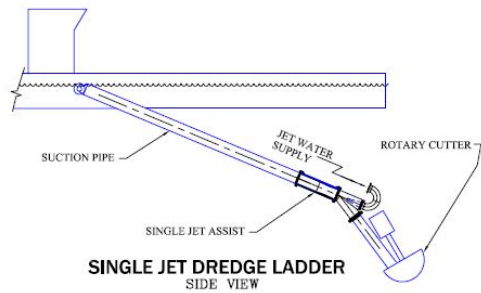


Figura 24: Principio de funcionamiento del chorro Venturi.

**5.2. Dragas de remoción o niveladoras de fondo**

Las **dragas de remoción o niveladoras de fondo** (figura 25) son equipos de dragado mecánico que, a diferencia de las dragas excavadoras clásicas, **no extraen el material del fondo para su evacuación**, sino que lo **desplazan a corta distancia** por debajo del nivel del agua. Por este motivo, se las denomina también **dragas tipo arado**, ya que su funcionamiento recuerda al de un apero agrícola que remueve y redistribuye el terreno.

Su misión principal no es la excavación propiamente dicha, sino la **regularización del fondo**, el **traslado local de sedimentos** o la **preparación del terreno** para que otros equipos de dragado puedan operar con mayor eficacia. En muchos casos, actúan como equipos auxiliares dentro de un esquema de dragado más amplio.

**5.2.1. Principio de funcionamiento**

El principio operativo se basa en el arrastre de una **cuchilla, reja o elemento nivelador** que se apoya sobre el fondo y desplaza el material hacia zonas adyacentes. El material no se eleva ni se carga en barcasas, sino que permanece siempre sumergido.

Este principio resulta especialmente eficaz cuando:

- el material es **muy blando**,
- el desplazamiento requerido es **reducido**,
- o se pretende evitar la puesta en suspensión de grandes volúmenes de sedimento.



Figura 25: Niveladora de fondo (*Fondico Marine Group*)

### 5.2.2. Configuración y elementos principales

Los elementos característicos de este tipo de draga incluyen:

1. **Elemento de remoción o cuchilla**, que actúa directamente sobre el fondo.
2. **Sistema de arrastre**, normalmente mediante cables conectados a un remolcador.
3. **Equipo de remolque**, que proporciona el esfuerzo tractor necesario.
4. **Sistema de guiado y control de profundidad**, que permite regular la cota final del fondo.

En función del tamaño del equipo y del ámbito de aplicación, la draga puede ser un elemento relativamente simple o una estructura de mayores dimensiones, diseñada para trabajar de forma repetitiva y sistemática.

### 5.2.3. Campo de aplicación

Las dragas de remoción se emplean principalmente en:

- **Igualación de fondos** tras operaciones de dragado con otros equipos.
- **Remoción de sedimentos** en zonas de difícil acceso.
- **Trabajos complementarios** al dragado hidráulico, por ejemplo, para redistribuir materiales cohesivos que no son fácilmente aspirables.
- Operaciones de **mantenimiento** en canales y zonas portuarias con sedimentos blandos.

Son especialmente eficaces en **arcillas blandas, sedimentos muy finos y arenas sueltas o de densidad media.**

#### 5.2.4. Modo de operación

El ciclo de trabajo típico puede describirse como sigue:

1. **Posicionamiento del equipo de remolque** en el punto inicial.
2. **Descenso de la cuchilla** hasta contactar con el fondo.
3. **Arrastre de la cuchilla**, desplazando el material a lo largo de la trayectoria definida.
4. **Elevación de la cuchilla** al finalizar la pasada.
5. **Retorno del equipo** al punto de partida.
6. **Repetición del proceso** hasta completar la regularización prevista.

Este procedimiento permite obtener fondos más uniformes, aunque con una precisión geométrica inferior a la de dragas excavadoras propiamente dichas.

#### 5.2.5. Ventajas e inconvenientes

Entre los aspectos favorables de estas dragas destacan:

- **Simplicidad constructiva y operativa.**
- **Coste reducido** frente a dragas excavadoras o hidráulicas.
- **Capacidad para trabajar en zonas de difícil acceso.**
- **Eficacia en materiales muy blandos.**

Sus principales limitaciones son:

- **Imposibilidad de evacuar material** fuera de la zona de trabajo.
- **Aplicación restringida** a desplazamientos locales.
- **Precisión limitada** en la definición del perfil final.

#### 5.2.6. Límites de utilización

Valores orientativos de funcionamiento:

- Profundidad mínima de agua (equipos pequeños): **3 m.**
- Profundidad máxima de trabajo (equipos grandes): **30 m.**
- Altura máxima de ola: **1 m.**
- Velocidad máxima de corriente: **1.5 nudos.**
- Tipos de suelos: **arcillas blandas, sedimentos finos, arenas sueltas y de densidad media.**

### 5.3. Equipos anfibios de dragado

Los **equipos anfibios** son dragas de pequeño tamaño diseñadas para trabajar en **aguas poco profundas** y con capacidad para **salir del agua y desplazarse sobre tierra**. Suelen estar equipados con cucharas, cazos o pequeños cabezales de dragado.



Figura 26: Excavadora anfibia (*Eddy Pump*)

#### 5.3.1. Configuración

- Sistemas de desplazamiento mediante **orugas, patas o neumáticos**.
- Equipos tipo *crawl-cat*.

#### 5.3.2. Campo de aplicación

- Dragados de **pequeño volumen**.
- Zonas pantanosas, marismas o lagunas.
- Aguas agitadas con poca profundidad.

### 5.4. Bombas de pistón

Las **bombas de pistón** sustituyen a las bombas centrífugas tradicionales en determinados equipos de dragado. El material excavado se transporta mediante el movimiento alternativo de uno o varios pistones, permitiendo el bombeo de material con **bajo contenido en agua**.

En algunos sistemas, el material se almacena previamente en la **cántara** de la draga antes de ser impulsado.

#### 5.4.1. Campo de aplicación

Se emplean cuando:

- se desea **minimizar la adición de agua**,

- el transporte se realiza a **distancias cortas**,
- el material es **cohesivo o pastoso**.

#### 5.4.2. Ventajas e inconvenientes

- Posibilidad de transporte con **muy baja dilución**.
- Control preciso del caudal impulsado.
- **Capacidad de transporte reducida**.
- Equipos mecánicamente **complejos**.

### 5.5. Extracción mediante inyección de aire comprimido

Este sistema se basa en la **inyección de aire comprimido** en una tubería sumergida, provocando una disminución de la densidad de la mezcla agua-sólido y generando una corriente ascendente que arrastra los sedimentos finos en suspensión.

Se trata de uno de los métodos más **simples** de dragado especial, sin partes móviles actuando sobre el fondo.

#### 5.5.1. Principio de funcionamiento

- El aire inyectado reduce la densidad del fluido en la tubería.
- Se genera un empuje ascensional.
- Los granos finos son transportados en suspensión.

#### 5.5.2. Campo de aplicación

Adecuado para:

- **Materiales sueltos y de grano fino**.
- **Trabajos puntuales** y de bajo volumen.
- Operaciones realizadas por **buzos**.

#### 5.5.3. Ventajas e inconvenientes

- **Simplicidad extrema** del equipo.
- **Ligereza** y facilidad de montaje.
- Posibilidad de trabajar a **cualquier profundidad**.
- **Capacidad muy reducida** de transporte.
- **Baja eficiencia mecánica**.
- Tendencia a **bloqueos** por escaso aporte energético.

## 6. Equipos auxiliares en las operaciones de dragado

En la mayoría de las operaciones de dragado la draga principal no actúa de forma aislada, sino integrada en un **conjunto de equipos auxiliares** que permiten completar el ciclo operativo: posicionamiento, transporte del material, descarga, control geométrico y apoyo a la seguridad de la navegación.

La correcta selección y coordinación de estos equipos auxiliares es esencial para:

- garantizar la **continuidad de la producción**,
- minimizar tiempos muertos,
- asegurar el **cumplimiento del perfil final**,
- y reducir los costes globales de la operación.

### 6.1. Gánguiles o barcasas de transporte

#### 6.1.1. Descripción general

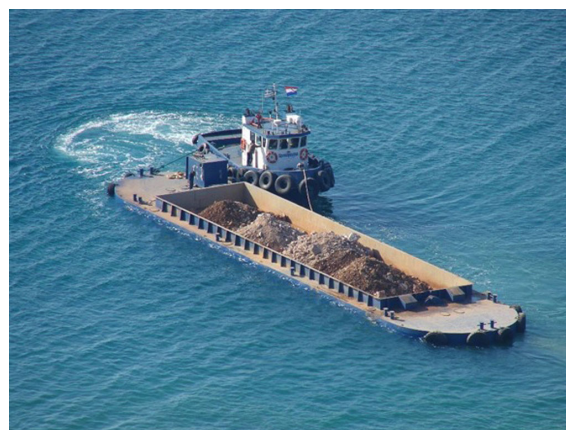
Los **gánguiles** o barcasas de transporte son embarcaciones destinadas a recibir el material dragado y trasladarlo hasta el punto de vertido. Constituyen un elemento fundamental en dragados mecánicos y en dragados hidráulicos cuando no se dispone de transporte por tubería.

Pueden ser:

- **Remolcados.**
- **Autopropulsados.**



(a) Barcaza autopropulsada.



(b) Barcaza remolcada.

Figura 27: Barcasas (IADC Dredging).

#### 6.1.2. Sistemas de descarga

Los sistemas de descarga más habituales son:

- **Compuertas de fondo**, que permiten el vertido directo del material.

- **Apertura longitudinal del casco**, mediante bisagras.
- **Descarga lateral**, menos frecuente.



(a) Compuertas de fondo.



(b) Apertura longitudinal del casco.

Figura 28: Sistemas de descarga.

La elección del sistema depende del tipo de material, de la profundidad del vertido y de las restricciones ambientales.

### 6.1.3. Campo de aplicación

Los gánguiles se emplean principalmente en:

- Dragados mecánicos.
- Dragados hidráulicos con descarga indirecta.
- Transporte de material a **grandes distancias**.

## 6.2. Estaciones de bombeo intermedias

Las **estaciones de bombeo intermedias** se utilizan en dragados hidráulicos cuando la distancia entre la draga y el punto de vertido excede la capacidad de impulsión de una única bomba. Estas estaciones permiten **incrementar la distancia total de transporte** mediante un bombeo escalonado.

### 6.2.1. Configuración

Una estación de bombeo intermedia incluye:

- una o varias **bombas de refuerzo**,
- sistemas de **control de presión y caudal**,
- estructuras flotantes o instalaciones en tierra firme.

### 6.2.2. Aplicación

Son habituales en:

- grandes rellenos hidráulicos,
- regeneración de playas,
- transporte de pulpa a **kilómetros de distancia**.

### 6.3. Tuberías de transporte

Las **tuberías de transporte** constituyen el elemento esencial del sistema de evacuación en dragados hidráulicos. Pueden disponerse:

- flotantes,
- apoyadas sobre el fondo,
- enterradas,
- o combinaciones de las anteriores.



Figura 29: Tubería flotante de transporte de material dragado (*Park*)

#### 6.3.1. Aspectos técnicos

El diseño de la tubería debe considerar:

- diámetro y material,
- velocidad mínima de la pulpa para evitar sedimentación,
- pérdidas de carga,
- abrasión interna.

## 6.4. Barcos auxiliares

### 6.4.1. Tipos y funciones

Los principales barcos auxiliares son:

- **Remolcadores**, para el posicionamiento de dragas y gánguiles.
- **Lanchas de servicio**, para transporte de personal y material.
- **Embarcaciones de balizamiento**, para señalar la zona de trabajo.

Estos equipos garantizan la **seguridad de la navegación** y la correcta coordinación de las operaciones.

## 6.5. Equipos de pretratamiento del material

En terrenos resistentes, puede ser necesario un **pretratamiento del fondo** antes del dragado hidráulico o mecánico. Los métodos más habituales son:

- escarificadores,
- rippers,
- perforación y voladura controlada.

Estos procesos permiten reducir la resistencia del material y mejorar el rendimiento de la draga principal.

## 7. Elección de la draga

### 7.1. Criterios generales de selección

La elección del tipo de draga constituye una de las decisiones más relevantes en el planteamiento de una obra de dragado. No existe un equipo universalmente óptimo, sino que la selección depende de la **adecuación entre el equipo y las condiciones específicas del proyecto**. Una elección inadecuada puede conducir a rendimientos muy bajos, incrementos sustanciales del coste o incluso a la inviabilidad técnica de la operación.

Entre los factores que condicionan la selección destacan:

- **Naturaleza del terreno**: tipo de material, cohesión, resistencia, granulometría y presencia de escombros.
- **Dimensiones de la zona a dragar**: extensión superficial y volumen total.
- **Profundidad de dragado** y variación de cotas.
- **Condiciones marítimas**: oleaje, corrientes y exposición.
- **Distancia y características del punto de vertido**.
- **Requisitos geométricos** del perfil final.
- **Aspectos económicos**: coste de movilización, producción y operación.

Estos factores no actúan de forma independiente, sino que se combinan, obligando a un análisis global del sistema de dragado.

## 7.2. Elección de la draga en función del terreno

El tipo de material a dragar es uno de los criterios determinantes. En función de la experiencia acumulada y del comportamiento típico de los distintos equipos, puede establecerse una correspondencia cualitativa entre tipos de dragas y terrenos.

Tipo de draga	Buen comportamiento	Mal comportamiento
Succión en marcha	Arenas sueltas, arenas finas, limos y fangos arenosos	Terrenos compactos y resistentes
Succión estacionaria	Arenas y arenas finas no muy compactas	Arenas compactas, arcillas y terrenos duros
Succión con cabezal cortador	Prácticamente todo tipo de terrenos, excepto rocas duras	Rocas duras
Rodete de cangilones	Todo tipo de terrenos excepto rocas	Rocas (salvo uso de cangilones dentados)
Rosario de cangilones	Fangos, arcillas, arenas compactas, margas, conglomerados y roca blanda	Arcillas muy cohesivas
Draga de cuchara	Terrenos sueltos o moderadamente cohesivos	Terrenos duros y rocosos
Draga de pala	Todos los terrenos excepto los fluidos	Terrenos fluidos
Draga retroexcavadora	Todos los terrenos excepto los fluidos	Terrenos fluidos

Tabla 1: Comportamiento cualitativo de distintos tipos de dragas en función del terreno

## 7.3. Influencia de la profundidad y del entorno

Además del terreno, la **profundidad de dragado** condiciona de forma directa la elección del equipo. Las dragas de succión en marcha y las dragas estacionarias de succión permiten alcanzar grandes profundidades, mientras que otros equipos, como las dragas con inyector de agua o las dragas Dustpan, están limitados a rangos de profundidad más reducidos.

Las **condiciones de oleaje y corrientes** también son decisivas. En zonas expuestas, las dragas autopropulsadas presentan ventajas claras frente a equipos anclados. Por el contrario, en zonas abrigadas o interiores pueden emplearse con mayor eficacia dragas estacionarias o mecánicas.

## 7.4. Influencia del punto de vertido

La localización del punto de vertido determina el sistema de transporte del material:

- Cuando el vertido se realiza a **gran distancia**, son preferibles dragas con capacidad de transporte propio, como las dragas de succión en marcha.

- Si el vertido se encuentra **próximo**, pueden emplearse sistemas de bombeo o descarga directa.
- En operaciones de **redistribución local**, las dragas con inyector de agua o las Dustpan ofrecen soluciones económicas.

## A. Bibliografía

### Referencias

- [1] M.V. González, J.P. Abizanda y Ente Público Puertos del Estado (España). *Dragas y dragados: investigación previa para el estudio de la evolución de la tecnología de los equipos de dragado a lo largo de la historia*. Puertos del Estado, 1996. ISBN: 9788488975119.
- [2] M.D. Río. *Manual de maquinaria de construcción*. McGraw-Hill, 2001. ISBN: 9788448130282.
- [3] C.S. Bermejo. *Manual de equipos de dragado*. Carlos López Jimeno, 2001. ISBN: 9788493129248.
- [4] V.E. Chaparría. *Obras marítimas*. Universidad Politécnica de Valencia, 2004. ISBN: 9788497057134.



## B. Cuestiones

### Preguntas tipo test: Dragas

1. ¿Cuál es la característica fundamental que diferencia a las dragas mecánicas de las hidráulicas?
  - a) La profundidad máxima alcanzable
  - b) El tipo de material dragado
  - c) El principio de extracción del material
  - d) La necesidad de equipos auxiliares
2. ¿Qué tipo de draga mecánica trabaja de forma continua?
  - a) Dragas de rosario de cangilones
  - b) Dragas retroexcavadoras
  - c) Dragas de cucharas
  - d) Dragalina
3. El principal inconveniente de la draga de rosario de cangilones es:
  - a) Su baja precisión geométrica
  - b) Su imposibilidad de trabajar en roca
  - c) La baja producción horaria
  - d) El gran despliegue de anclajes
4. ¿Qué sistema de posicionamiento es típico en una draga retroexcavadora?
  - a) Longos y traveses
  - b) Spuds
  - c) Anclas laterales múltiples
  - d) Pilonos telescópicos
5. La draga de cuchara sobre pontona excava principalmente por:
  - a) Corte mecánico activo
  - b) Aspiración hidráulica
  - c) Impacto del chorro de agua
  - d) Peso propio de la cuchara
6. ¿Qué tipo de cuchara se utiliza preferentemente para materiales heterogéneos y bloques?
  - a) Bivalva
  - b) De gajos (pulpo)
  - c) De pala frontal
  - d) De rodete

7. ¿Cuál es una ventaja característica de la draga de cuchara autoportadora frente a la de pontona?
- a) Mayor profundidad máxima
  - b) Mayor precisión geométrica
  - c) Menor calado
  - d) Autopropulsión y cántara propia
8. La draga de pala se diferencia de la retroexcavadora porque:
- a) Trabaja empujando el material hacia delante
  - b) Excava por succión
  - c) Solo puede trabajar en suelos blandos
  - d) No requiere barcazas
9. La dragalina carga el material principalmente mediante:
- a) Empuje hidráulico
  - b) Aspiración
  - c) Arrastre de una cuchara abierta
  - d) Corte por rodete
10. ¿Cuál es el principal inconveniente de la dragalina?
- a) Escaso alcance horizontal
  - b) Alta dilución del material
  - c) Imposibilidad de trabajar desde tierra
  - d) Elevado lavado y pérdidas de material
11. Las dragas de remoción o niveladoras de fondo se caracterizan por:
- a) Extraer el material y transportarlo
  - b) Bombear pulpa a larga distancia
  - c) Desplazar el material localmente
  - d) Trabajar solo en roca
12. ¿Qué tipo de draga hidráulica es autopropulsada y almacena el material en una cántara?
- a) Dragas estacionaria de succión
  - b) Dragas de succión en marcha
  - c) Dragas Dustpan
  - d) Dragas con inyectores de agua
13. La principal función del cabezal cortador en una CSD *Cutter Suction Dredger* es:
- a) Desagregar el material del fondo
  - b) Transportar el material
  - c) Reducir la dilución
  - d) Guiar la tubería de impulsión

14. Las dragas de succión con cabezal cortador trabajan típicamente:
- En marcha continua
  - Ancladas y con barridos en arco
  - Solo desde tierra
  - Sin sistemas de anclaje
15. Las dragas con inyectores de agua son especialmente adecuadas para:
- Roca dura
  - Arcillas muy cohesivas
  - Material fino y suelto
  - Grandes bloques
16. ¿Cuál es una limitación fundamental de las dragas estacionarias de succión?
- Baja profundidad máxima
  - Necesidad de autopropulsión
  - Escaso control geométrico del fondo
  - Imposibilidad de bombear material
17. Las dragas tipo Dustpan son especialmente eficaces para:
- Dragados profundos en roca
  - Capas delgadas sobre grandes superficies
  - Transporte a largas distancias
  - Excavación puntual de zanjas
18. En la elección de una draga, el factor más determinante suele ser:
- La naturaleza del terreno
  - El tipo de cántara
  - El coste de adquisición
  - El número de tripulantes
19. ¿Qué tipo de draga presenta buen comportamiento en prácticamente todo tipo de terrenos?
- Draga Dustpan
  - Draga de succión en marcha
  - Draga de succión con cabezal cortador
  - Draga con inyectores de agua
20. Los gánguiles se utilizan principalmente para:
- Romper el material
  - Posicionar la draga
  - Transportar el material dragado
  - Controlar la profundidad

Respuestas:

17 b - 18 a - 19 c - 20 c

1 c - 2 a - 3 d - 4 b - 5 d - 6 b - 7 d - 8 a - 9 c - 10 d - 11 c - 12 b - 13 a - 14 b - 15 c - 16 c -



