

ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERIA PORTUARIA

CATEDRA

INGENIERIA DE DRAGADO

PROFESOR TITULAR

ING. RAUL S. ESCALANTE

PROFESOR ADJUNTO

ING. MARCELO PEYREGNE

TEMA 6

DRAGA DE CANGILONES

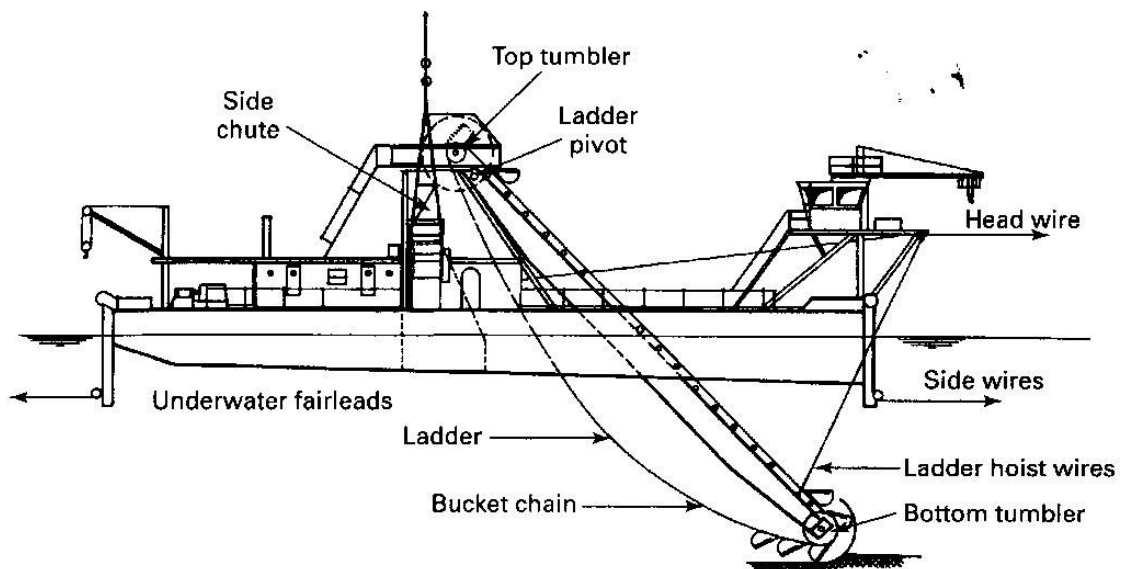
Marzo 2007

6. DRAGA DE CANGILONES
6.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La draga de cangilones pertenece al grupo de las denominadas dragas mecánicas y comparte con ellas sus principales ventajas y desventajas. Este tipo de draga se utiliza desde hace mucho tiempo y es un equipo muy robusto que bien mantenido puede dar muchas satisfacciones.

El diseño básico de las dragas de cangilones ha permanecido inalterado por muchos años. La acción de dragado se realiza mediante un rosario continuo de cangilones los que levantan el material del fondo y lo elevan por encima del nivel de agua. Los cangilones quedan dados vuelta al pasar por el extremo superior del rosario y se descargan por gravedad sobre planos de descarga que conducen el material dragado a barcazas que se colocan al costado de la draga.

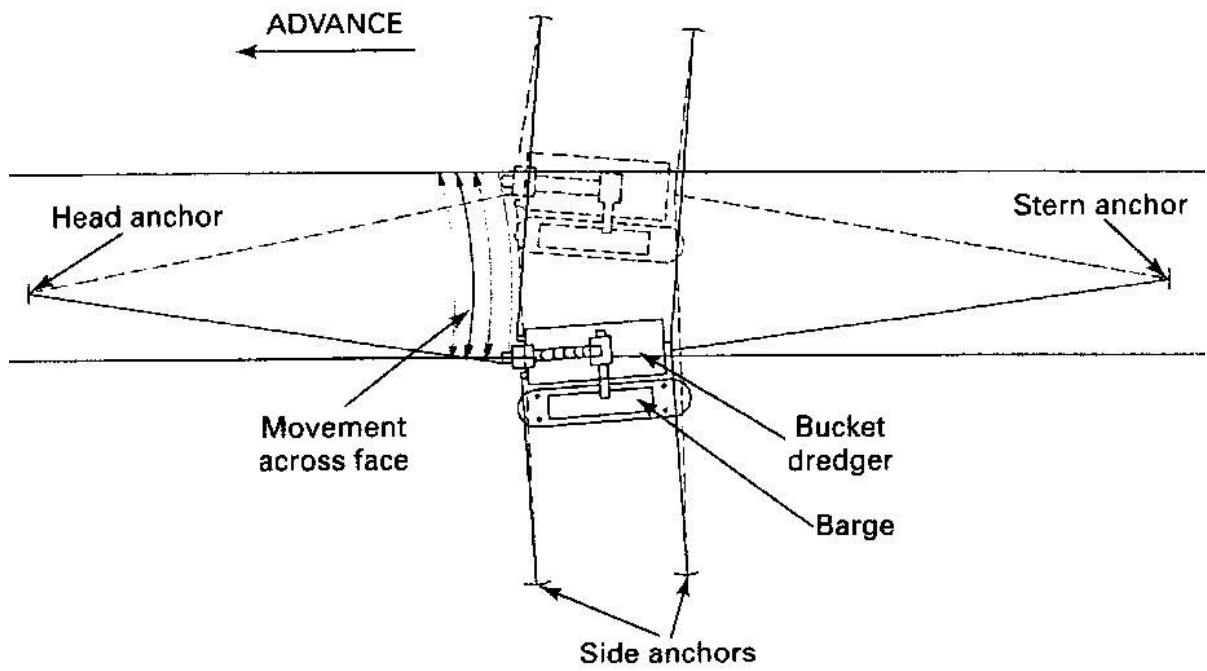
Figura 6.1 – Vista general draga de cangilones



El peso del rosario de cangilones está soportado por una escalera de acero. Esta escalera está montada en el medio de un largo pontón rectangular. El posicionamiento y movimiento del pontón se efectúa mediante un sistema de anclas y guinches

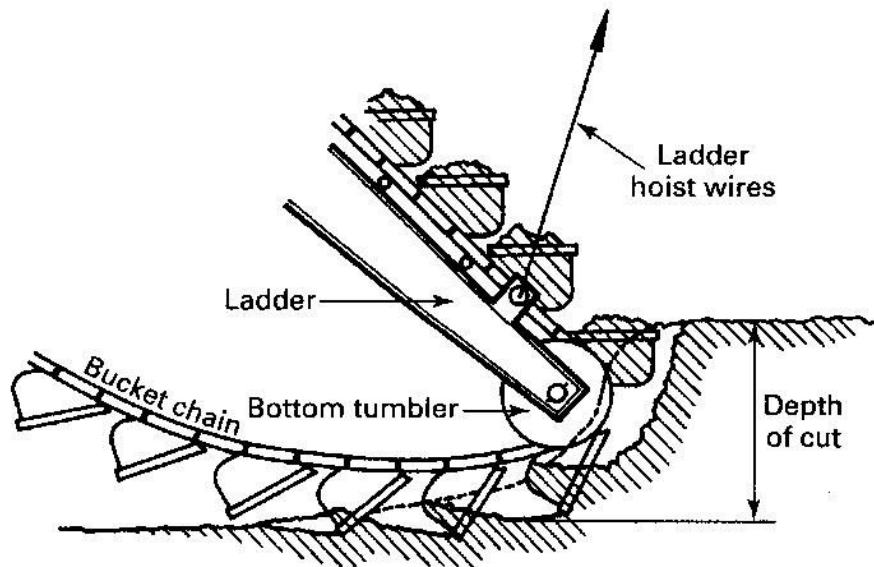
El guinche frontal es habitualmente el mas potente y provee la reacción a la fuerza de dragado y se utiliza para hacer avanzar la draga contra el frente de corte. Los cuatro guinches transversales se utilizan para desplazar la draga transversalmente. El guinche trasero ayuda a mantener un equilibrio global balanceando otras fuerzas que pueden aparecer producidas por las variaciones en los niveles de agua o variaciones en las reacciones a la fuerza de dragado. En lugar de anclas y guinches la draga puede tener dos pilones.

Figura 6.2 – Forma de avance



La fuerza de rotura del suelo que aplica el cangilón en el fondo a través del labio de corte o eventualmente dientes puede ser muy importante.

Figura 6.3 – Profundidad de corte



Esta fuerza depende del tamaño y masa de la draga, la forma y capacidad del cangilón, y la potencia y características del sistema de arrastre.

Cuando se utiliza para dragar materiales duros como arcillas consolidadas o rocas blandas el rosario se modifica y se colocan cangilones mas pequeños y mas pesados y se reduce la velocidad de la cadena

En los casos en que se draga roca se puede reemplazar un cangilón cada tres por un sistema de dientes (ripper tine)

Las dragas de cangilones se clasifican en función de la capacidad de cada cangilón que puede variar entre 150 y 1200 litros.

Figura 6.4 – Cangilones cargados



Bray (1998) menciona que en los últimos 20 años el número de dragas de cangilones pequeños a disminuido a un tercio, mientras que las de cangilones por encima de los 800 litros se mantiene. Esto probablemente se debe al hecho que las dragas de cangilones grandes se utilizan en los casos en que hay volúmenes importantes de suelos duros, lo que pueden hacer a precios más baratos que las dragas tipo retroexcavadora.

Figura 6.5 – Descarga a barcaza



La velocidad del rosario puede llegar a 30 cangilones por minuto.

6.2 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Se pueden mencionar los siguientes aspectos constructivos:

- Escotadura: puede ser abierta (más común) o cerrada (preferible cuando la draga debe navegar)
- Escalera: viga de sección variable, de igual resistencia a la flexión
- Prisma superior e inferior: su giro produce el movimiento del rosario. El inferior, por razones de resonancia, tiene al menos una cara más que el superior. A mayor número de caras, menor desgaste, pero también exige cangilones más pequeños. Configuración habitual (no excluyente): prisma pentagonal superior y hexagonal inferior.
- Rosario: puede ser abierto (hay un eslabón intermedio entre baldes) o cerrado (un balde por eslabón). El primero permite usar baldes de mayor capacidad. El segundo (más empleado en dragas japonesas), requiere baldes más pequeños, pero permite mayor uniformidad en el esfuerzo a que está sometido el rosario en el proceso de dragado. El rendimiento es similar porque la disminución de capacidad de los baldes se sustituye con el mayor número de éstos.

- La zona de corte de los baldes suele reforzarse con aporte de material duro. En ocasiones es recambiable. Algunos tienen dientes en caso del dragado de suelos de alta compacidad.
- Los cangilones se encuentran vinculados a los eslabones. Estos, al desplazarse sobre las caras del prisma giratorio, producen el movimiento de la escalera.
- Los cangilones apoyan en su desplazamiento sucesivamente sobre rodillos móviles (roletes) vinculados a la escalera. Estos deben engrasarse de manera permanente. Los rolos sufren un fuerte desgaste producto del contacto con el balde, del mismo modo que los eslabones al desplazarse sobre las caras del prisma. Esto requiere la ejecución de tareas de mantenimiento que deben programarse adecuadamente.

6.3 VENTAJAS DE LA DRAGA DE CANGILONES

La draga de cangilones tiene la ventaja de tener un proceso de dragado continuo, lo que es una excepción entre las dragas que utilizan baldes o cangilones para dragar.

La dilución del material no es muy significativa y por lo tanto se pueden alcanzar cargas altas en las barcazas sin mucho vuelco (overspilling)

Cuando se dragan limos muy blandos (barros) el vuelco puede ser significativo

Al ser un dragado continuo se puede obtener un nivel bastante uniforme del fondo.

En condiciones normales la cantidad de sobredragado necesario para obtener el nivel requerido del fondo (sobredragado técnico) no es excesivo.

El proceso de dragado no es demasiado sensible a la presencia de restos de diferente tipo o pequeños cantos rodados. Interrumpen el dragado la presencia de cables o cadenas.

El hecho de que la construcción de la draga sea pesada asociado a sistema elástico de amarre permite continuar con la operación de dragado de materiales blandos en la presencia de olas moderadas.

6.4 DESVENTAJAS DE LA DRAGA DE CANGILONES

La draga de cangilones presenta una serie de desventajas entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- El campo de anclas que puede perturbar la navegación
- La dependencia de la carga en barcazas que reduce las posibilidades de realizar rellenos
- Baja eficiencia en los casos que se requiere dragar espesores pequeños de material
- Niveles de ruido que son superiores a los de otras dragas
- En materiales cohesivos pegajosos los cangilones pueden tener problemas al vaciarse
- La draga no es apta para trabajar en aguas con muy poca profundidad. La catenaria del rosario por debajo de la escalera resulta muy

pronunciada y se tiende a realizar sobredragados mayores a los necesarios.

- La construcción de la draga es pesada y la dotación de personal alta. En consecuencia se tienen altos costos de capital y costos operativos
- La draga es habitualmente remolcada por remolcadores. Si la distancia es larga o las condiciones de mar medianas a severas la draga debe desmantelarse para su traslado. Como consecuencia los costos de movilización son altos.
- Si bien en ocasiones resulta apta para el dragado de fondos sucios, como ocurre en el interior de puertos, la presencia de restos como cables, anclas y trozos de chapa puede trabar el rosario y exigir la remoción con oxicorte u otros métodos de estas obstrucciones

Figura 6.6 – Vista de draga en dique seco



6.5 MÉTODO DE OPERACIÓN

La draga opera desplazándose paralelamente a su línea de crujía, filando los travesines de una banda y cobrando las de la opuesta.

En ese movimiento, que se realiza a una velocidad regulada, los cangilones van extrayendo el material del lecho de manera continua.

Una vez concluida una pasada (que puede ser en ambos sentidos para hacer un dragado de limpieza) o más de una (si el frente de ataque requiere realizar más de un corte), la draga se posiciona en su eje de trabajo y cobra el cable del ancla de avance, con lo cual adelanta hasta la nueva sección de corte.

El frente óptimo, si bien depende del tipo de material, suele estar en el orden de los 2 ó 3 metros.

En el caso de materiales blandos y poco cohesivos, por ejemplo sedimentos recientes como los que se encuentran en el Río de la Plata, conviene trabajar, si el frente de ataque no es excesivo, a la mayor profundidad posible, ya que se derrumba la parte superior y el excedente se remueve con un dragado de limpieza.

Al avanzar, el travesín no puede quedar detrás de la perpendicular al eje de crujía de la draga, ya que pierde agarre. Cuando se da la situación límite, deben relocalizarse utilizando un pontón con guinche u otra embarcación equivalente

En el dragado a pie de muelle, el campo de anclas sobre la banda de los muelles se reemplaza por una corredera generalmente instalada entre bolardos. El cable del travesín se vincula a una polea que se desliza sobre la corredera.

La retenida de popa se suele colocar sólo cuando existen corrientes fuertes en dirección del avance

6.6 EL CICLO DE PRODUCCIÓN

6.6.1 Velocidad transversal

La velocidad transversal durante el corte está gobernada por:

- las características del material
- la profundidad de corte
- la cantidad que se mueve para adelante
- la velocidad del rosario

El tiempo para atravesar el frente del corte se obtiene aproximadamente dividiendo la longitud del frente (m) por la velocidad del guinche (m/min)

6.6.2 Número de cortes

El número de cortes para llegar a la profundidad deseada depende del espesor del manto a dragar y la profundidad de cada corte. La profundidad de cada corte depende de las características del material las características de la draga que se está utilizando. A veces se necesita un corte final de limpieza. El número de cortes se obtiene dividiendo la profundidad a dragar (incluyendo el sobredragado) por la profundidad del corte sumando uno, si se considera que un corte de limpieza es necesario.

6.6.3 Avance sobre el frente para nuevos cortes

6.6.4 Cambio de barcasas

6.6.5 Movimiento de anclas

6.6.6 Producción diaria

La producción va a estar dada por la siguiente relación:

Producción (m³/h) = [(capacidad del cangilón (m³) x coeficiente de llenado de cada cangilón)] x velocidad del rosario (en cangilones por minuto) x 60 min/h x rendimiento

La velocidad del rosario en función del tipo de material se puede obtener de la Tabla 6.1

La influencia del esponjamiento del material puede introducirse en esta expresión, pero resulta más adecuado contemplarla en la capacidad de almacenamiento de la chata barrera donde se descarga el material (ver par. 6.6 Ciclo de dragado)

La producción diaria se obtiene multiplicando la producción horaria por el número de horas de trabajo netas. De acá surge, aunque parezca obvio, que una forma muy directa de aumentar la producción es aumentar el número de horas de trabajo.

Tabla 6.1 Relación entre la velocidad del rosario y el tipo de suelo

Tipo de suelo	Velocidad (cangilones/minuto)
Material muy blando (weak)	25 a 28
Material blando	18 a 22
Material duro (stiff)	15 a 18
Material muy duro (stiff)	12 a 15
Roca partida	8 a 12
Roca blanda	3 a 5

6.6.7 Factor de inclinación

El factor de inclinación tiene en cuenta la reducción de la capacidad efectiva del cangilón cuando la escalera está siendo utilizada con un ángulo que causa un vuelco del material por la parte de atrás del cangilón. El ángulo óptimo es aproximadamente 45°. Se expresa en función de la relación profundidad de dragado actual (da) vs profundidad de dragado normal (dn)

Tabla 6.2 - Factor de inclinación

da/dn	Factor
0,2	0,46
0,4	0,58
0,6	0,69
0,8	0,84
1,0	1,00
1,2	0,84

6.7 CICLO DE DRAGADO

El ciclo de dragado está compuesto por todas las operaciones necesarias para poder mantener la operación de dragado en forma continua. Nos interesa fundamentalmente determinar la duración total del ciclo de dragado. En el caso de la draga de cangilones que tiene una operación continua el ciclo de dragado depende del ciclo de las chatas barreras que se encargan de la disposición del material.

Aplicaremos como caso de estudio datos correspondientes al dragado del interior del Puerto de Buenos Aires. Adoptamos los siguientes datos para la draga:

- Velocidad del rosario: 22 cangilones/minuto
- capacidad del balde: 0,8 m³
- coeficiente de llenado: 0,70 (valor que se toma como habitual)
- coeficiente de rendimiento: 0,85 que contempla tiempos muertos, paso de buques, etc.
- Producción (P) de la draga: 600 m³/h aproximadamente

Quiere saberse cuántos gánguiles son como mínimo necesarios para no interrumpir la operación de la draga. Se utiliza el término “gánguil” pero también se suelen utilizar los términos “chata”, “chata barrera” o “barcaza tipo split”

Los gánguiles considerados son embarcaciones de 65 m de eslora; 12,5 m de manga; 3, 5 m de puntal; 2,75 m de calado; una cántara de 675 m³ y que navegan a una velocidad promedio (v) de 14 km/h.

La distancia de descarga (d) se encuentra a unos 20 km de la zona de operación.

El tiempo de maniobra t (amarre y desamarre de la chata a la draga) es del orden de 10 minutos y el de descarga en la zona de refulado (t') se adopta de 5 minutos.

Para hacer el cálculo, relacionaremos la producción de la draga con la capacidad de transporte de una chata.

En función de los datos dados calculamos:

Tiempo de navegación del gánguil: $2 \times d / v = 2 \text{ h } 50 \text{ m}$

Tiempo total de transporte (ψ) = tiempo de navegación + tiempo de maniobra + tiempo de descarga = 3 h 05 m

En el cálculo de la producción horaria del gánguil debe contemplarse el esponjamiento del material. Valores correspondientes a los limos que se dragan en el Puerto de Buenos Aires están en el orden de 1,20.

Por ello, la producción horaria del gánguil es: $H = (V/1,20) / \psi = (675 \text{ m}^3/1,2) / 3 \text{ h } 05 \text{ m} = \text{aprox. } 180 \text{ m}^3/\text{h}$

Obsérvese que considerando el efecto de esponjamiento del material, la draga podría completar el gánguil en un tiempo $L = (V/1,20) / P = \text{aprox. } 55 \text{ minutos}$

En ese caso, el ciclo completo de cada chata barrera es $C = L + \psi = 3 \text{ h } 05 \text{ m} + 55 \text{ min} = 4 \text{ horas}$

El número mínimo de chatas a emplear se calcula haciendo el cociente entre la producción P de la draga de cangilones y la producción horaria H del gánguil. Para el caso de Puerto Buenos Aires, donde sólo puede operar una chata por banda por la presencia de los muelles, la producción de la draga debe afectarse por un coeficiente que contemple el tiempo de amarre y desamarre respecto del tiempo de llenado. Para los valores del ejemplo, ese coeficiente es de aproximadamente 0,85

En el ejemplo: $N = 600 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,85 / (180 \text{ m}^3/\text{h}) = 2,8$ chatas, valor que se redondea a 3.

La práctica indica que si la zona de descarga está muy alejada del puerto, conviene tener un gánguil de reserva. Es preferible que éste se encuentre circunstancialmente inactivo a que lo esté la draga

6.8 FACTORES LÍMITES

Las dragas de cangilones pueden operar dentro de las condiciones límites que se especifican a continuación:

Mínima profundidad de agua	5.0 m
Máxima profundidad de dragado	35.0 m
Máximo ancho de corte (una sola pasada)	150 m
Altura máxima de ola	1.5 m
Swell máximo	1.0 m
Corriente de través máxima	2.0 nudos
Espesor de hielo máximo	100 mm
Máximo tamaño de piedra	1500 mm
Fuerza de compresión máxima (roca sana)	10 Mpa

6.9 EQUIPOS AUXILIARES

Para realizar normalmente la operación de dragado la draga de cangilones requiere de los siguientes equipos auxiliares.

Se pueden utilizar diferentes cangilones para diferentes materiales. Pueden ser de diferentes tamaños. La draga puede llegar a tener dos tamaños diferentes.

Se utiliza un pontón especial para soportar el cable frontal por encima del nivel del agua.

Se utilizan distintos tipos de ancla según el tipo de suelo.

El número, capacidad y tipo de las barcasas se elige en función de los requerimientos del trabajo

Se utiliza un remolcador para efectuar los movimientos de la draga de un lugar a otro

Como en todo trabajo de dragado es necesario contar con relevamientos actualizados de las zonas dragadas y de las zonas a dragar por lo que es necesario contar con una embarcación para efectuar los relevamientos batimétricos.

6.10 TIPO DE MATERIALES QUE DRAGA

La draga de cangilones tiene la capacidad de dragar un amplio rango de materiales como se muestra en la Tabla 6.3

Rocas: En los casos en que se draga roca se puede reemplazar un cangilón cada tres por un sistema de dientes. Cuando se utiliza para dragar materiales duros como arcillas consolidadas o rocas blandas el rosario se modifica y se colocan cangilones mas pequeños y mas pesados y se reduce la velocidad de la cadena

Cantos rodados: Son adecuadas para materiales compuestos de dimensiones reducidas. Los cantos rodados grandes son empujados a un costado o se traban en la escalera

Gravas: Se dragan con relativa facilidad. El desgaste puede ser muy alto dependiendo de la mineralogía y angularidad de las gravas

Arenas: Dragas bien todo tipo de arenas

Limos: Cuando se dragan limos muy blandos se vuelca mucho material desde los cangilones cuando se realiza la elevación

Arcillas: Las arcillas pegajosas producen problemas al descargar el cangilón.

Debris o fondo sucio: La presencia de cables o cadenas en el fondo interrumpen el dragado

Es apta para trabajos de minería (extracción de áridos, destapes, etc.)

Tabla 6.3 – Capacidad de dragado

Tipo de material	Capacidad de dragado
Roca sedimentaria blanda	R
Roca partida	B
Cantos rodados grandes	R
Cantos rodados medianos	B
Gravas	B
Gravas arenosas	B
Arenas	B
Limos	R
Arenas cementadas	B
Arenas arcillosas firmes	B
Arcillas limosas blandas	B
Arcillas limosas firmes	R
Arcillas cohesivas o pegajosas	R
Suelos orgánicos	B
Debris	M

M = Mala
R = Regular
B = Buena

La Tabla 6.4 obtenida de la página de IHC muestra la capacidad de la draga de cangilones de dragar distintos tipos de materiales en función del tipo de material y la profundidad de dragado. Asimismo muestra la aplicabilidad de la draga en función de otros parámetros tales como las condiciones meteorológicas y la logística.

Tabla 6.4 – Aptitud de dragado

Classification of soils and rocks
Bucket ladder 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	
	13

	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	Large number of soil types incl. soft rock
	Sticky clay gives problems with unloading bucket
	Fines can be washed out of the bucket
	Large boulders possible
Seastate and weather	Strongly influenced by waves
	Sensitive for strong current
Site conditions	Nominal dredging depth to 25M. to 50M built for mining projects
	Good selectivity and accuracy
Logistics	Transport by barges or floating belt conveyor; latter can hinder ship traffic
	Wires can do the same
Production processing	Production depending on bucket volume and chain speed
	Material relatively "dry" and flow continuous
	Suitable to feed treatment plant
Other	New type of chain causes less noise and less energy

6.11 CAMPOS DE APLICACION

La draga de cangilones se utiliza principalmente para el dragado de las zonas interiores de puertos o zonas aledañas.

Se utiliza también en explotaciones mineras. Para estos casos la profundidad de dragado puede ser extendida hasta los 50 m.

6.12 BIBLIOGRAFÍA

- 6.12.1 Bray, R.N., Bates, A.D, and Land, J.M., (1997) “Dredging, a handbook for engineers”, Second edition, John Wiley and Sons – Chapter 7 pp155-239
- 6.12.2 Dredgers of the World, Oil Publications Limited
En esta publicación que se reedita periódicamente se da información de las dragas de cangilones que existen en actividad en el mundo con sus características constructivas y empresa dragadora a la que pertenece
- 6.12.3 Bray, R.N., (1998) “A Review of the past and a look to the future”, Terra et Aqua Issue Nr. 70 March 98
- 6.12.4 En la página de IHC (www.ihcholland.com) se puede consultar una tabla donde se indican las condiciones de funcionamiento de una draga de cangilones en relación con las características del suelo y la profundidad de dragado. Asimismo indica el comportamiento frente a otras variables importantes como condiciones ambientales y otras.