

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE UNA DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA APLICANDO EL MÉTODO BBL

Procedimientos de construcción. Prof. Víctor Yepes

PROBLEMA. Se pretende regenerar una playa con 675.000 m³ de arena y una draga de succión por arrastre (TSDH) tipo Jumbo con una capacidad de cántara de 15.961 m³. El material del yacimiento es una arena blanda que tiene un factor de esponjamiento de 1,1. El factor de llenado de la cántara es del 75 %. El tiempo total no productivo (trabajos de giro, navegación y descarga) es de 2,7 horas en cada ciclo y el tiempo de carga es de 2,3 horas. La draga trabaja 24 horas, los 7 días de la semana. Durante esas 24 horas se supone una pérdida de 2 horas debido al tráfico marítimo y otras contingencias durante las horas de trabajo, y de 3 horas como consecuencia de los factores meteorológicos y condiciones del mar. Se supone que tanto la dotación como el equipo de dirección desempeñan sus labores con la mejor eficiencia posible. La draga tiene una antigüedad de 15 años. Calcular la producción real en las condiciones mencionadas anteriormente y el plazo para desarrollar la regeneración de la playa.

Solución:

Para calcular la producción de una draga de succión en marcha vamos a aplicar el método BBL (Bray, Bates y Land, 1997), que estima los rendimientos de las dragas aplicando factores de reducción que representan pérdidas de tiempo sobre la producción teórica.

En primer lugar, definiremos la unidad básica de producción, U_b , que depende de cada draga en función de la potencia disponible y del tamaño de los componentes de la excavación. En las dragas de succión sería la capacidad de la cántara, H .

$$U_b = H = 15.961 \text{ m}^3$$

Las condiciones del terreno y del bombeo modifican la unidad básica con el factor de esponjamiento, B . En el caso de arenas blandas, $B = 1,1$.

$$U_m = \frac{U_b}{B} = \frac{15.961 \text{ m}^3}{1,1} = 14.510 \text{ m}^3$$

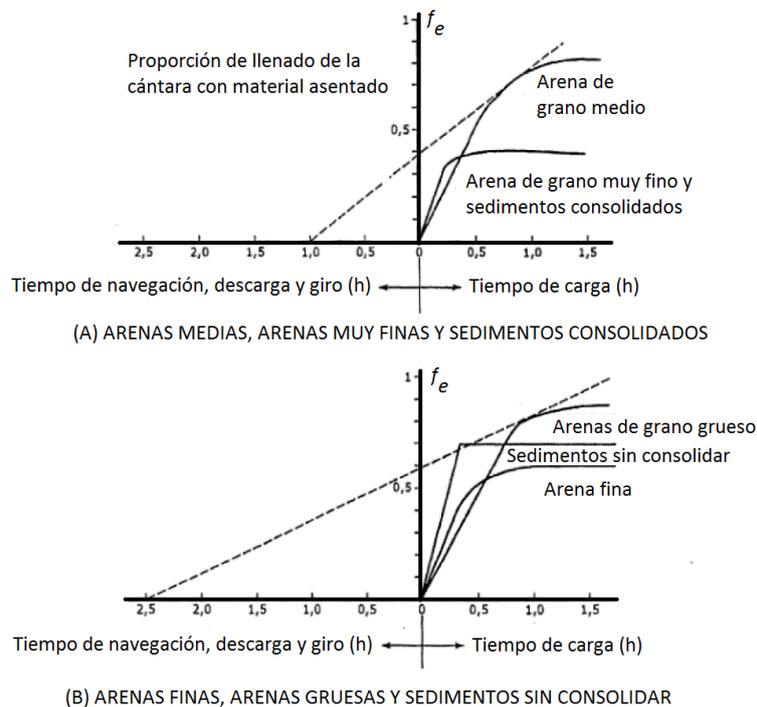
Para otros terrenos, se puede elegir el factor de esponjamiento de la siguiente tabla (Bray et al, 1997).

Tipo de terreno	Factor de esponjamiento (B)
Roca dura	1,50 – 2,00
Roca de dureza media	1,40 – 1,80
Roca blanda	1,25 -1,40
Gravas fuertemente compactadas	1,35
Gravas sueltas	1,10
Arena fuertemente compactada	1,25 – 1,35
Arena medianamente blanda a dura	1,15 – 1,25
Arena blanda	1,05 – 1,15
Sedimentos depositados libremente	1,00 – 1,10
Sedimentos consolidados	1,10 – 1,40
Arcillas muy duras	1,15 – 1,25
Arcillas medianamente blandas a duras	1,10 – 1,15
Arcillas blandas	1,00 – 1,10
Mezcla de gravas, arenas y arcillas	1,15 – 1,35

A continuación se calcula el tiempo de ciclo, que incluye la carga, el giro de la draga cada vez que termina la pasada de una zona, la navegación al punto de vertido y la vuelta a la zona de dragado y la descarga del material dragado.

$$t_{ciclo} = t_{carga} + t_{giro} + t_{navegación} + t_{descarga} = 5 \text{ horas}$$

El tiempo de carga es el necesario para llenar la cántara al punto de rebose. Este valor es parecido en todas las dragas de succión, independientemente de la capacidad de la cántara, pues se dimensiona la bomba para que el tiempo de llenado sea aceptable. En la figura que sigue se muestran las curvas de carga de una draga de succión en marcha (Bray et al, 1996), donde se puede obtener el factor de llenado de la cántara.



El factor de llenado de la cántara es $f_e = 0,75$, por lo que la carga total de la draga C_{total} , es la siguiente:

$$C_{total} = \frac{U_b \cdot f_e}{B} = \frac{15.961 \cdot 0,75}{1,1} = 10.882,5 \text{ m}^3$$

Por tanto, la producción máxima será la siguiente:

$$P_{máx} = \frac{C_{total}}{t_{ciclo}} = \frac{10.882,5}{5} = 2.176,5 \text{ m}^3/h$$

La producción real estará afectada por factores de reducción de la siguiente forma:

$$P = P_{máx} \cdot f_d \cdot f_o \cdot f_b$$

Veamos cómo se estiman estos factores que alteran la producción.

El factor de retraso, f_d , está relacionado con el mal tiempo o las interrupciones debidas al tráfico marítimo, siendo su expresión la siguiente:

$$f_d = f_t \cdot f_w$$

siendo

$$f_t = \frac{TTD - TPT}{TTD}$$

$$f_w = \frac{NTDA}{NTD}$$

Donde

f_t factor de reducción como consecuencia del tráfico marítimo

TTD tiempo total de trabajo disponible

TPT tiempo perdido debido al tráfico y otras contingencias durante las horas de trabajo

f_w factor de reducción por meteorología adversa

$NTDA$ número total de días (horas) en los que las condiciones atmosféricas permiten trabajar

NTD número total de días (horas)

Con los datos del problema,

$$f_t = \frac{24 - 2}{24} = 0,9167$$

$$f_w = \frac{24 - 3}{24} = 0,8750$$

$$f_d = 0,9167 \cdot 0,8750 = 0,8021$$

El factor de operación, f_o , considera que el personal no trabaja al máximo rendimiento todas las horas, ni se pueden anticipar a imprevistos. En la tabla siguiente se muestra el factor sugerido en función de la calificación de la tripulación y la dirección.

		Calificación de la tripulación				
		Muy buena	Buena	Mediana	Mediocre	Pobre
Calificación de la dirección	Muy buena	0,90	0,84	0,78	0,73	0,67
	Buena	0,88	0,82	0,77	0,71	0,65
	Mediana	0,86	0,80	0,75	0,69	0,64
	Mediocre	0,84	0,79	0,73	0,67	0,62
	Pobre	0,82	0,77	0,71	0,65	0,60

Tabla. Calificación del personal (Bray et al, 1997).

En el caso que nos ocupa, como el equipo de dirección y la dotación desempeñan sus labores con la mayor eficacia posible, entonces $f_o = 0,90$.

El factor de fallo mecánico, f_b , depende de la antigüedad de la draga. Durante los primeros 5 años no se considera reducción alguna, por lo que $f_b = 1,00$. Pero por cada año transcurrido a partir de ese momento, se reduce un 1 % el factor, hasta llegar a $f_b = 0,85$ al finalizar los 20 años.

Como la draga del problema tiene 15 años, $f_b = 0,90$.

Por tanto, la producción real de la draga será:

$$P = 2.176,5 \cdot 0,8021 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 1.414 \text{ m}^3/h$$

Veamos el tiempo estimado de dragado de material a la playa. El volumen movilizado en cada ciclo será:

$$5 \frac{h}{ciclo} \cdot 1.414 \frac{m^3}{h} = 7.070 \frac{m^3}{ciclo}$$

En una semana de trabajo, trabajando todos los días 8 horas (168 horas), el número de ciclos por semana sería:

$$N^{\circ} \frac{ciclos}{semana} = \frac{168}{5} = 33,6 \frac{ciclos}{semana}$$

Por tanto, el plazo necesario para realizar todo el dragado sería el siguiente:

$$Plazo = \frac{675.000 m^3}{33,6 \frac{ciclos}{semana} \cdot 7.070 \frac{m^3}{ciclo}} = 2,84 \text{ semanas} \approx 3 \text{ semanas}$$

No obstante, es razonable ampliar en una semana más el plazo por si ocurriese algún imprevisto adicional.

Referencias:

BRAY, R.N.; BATES, A.D.; LAND, J.M. (1997). *Dredging: A handbook for engineers*. 2nd edition, Willey, 434 pp.

CLEMENTE, J.J.; GONZÁLEZ-VIDOSA, F.; YEPES, V.; ALCALÁ, J.; MARTÍ, J.V. (2010). *Temas de procedimientos de construcción. Equipos de dragado*. Editorial de la Universitat Politècnica de València. Ref. 2010.4038. Valencia, 74 pp.

SANZ, C. (2001). *Manual de equipos de dragado*. Ed. Carlos López Jimeno, Madrid, 323 pp.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).