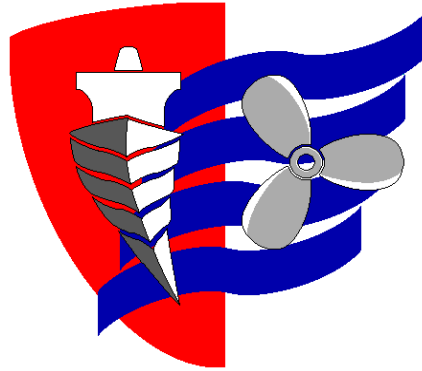


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CÁLCULO DEL EQUIPO DE DRAGADO
NECESARIO PARA UNA DRAGA DE
SUCCIÓN DE 1000 m³ DE CAPACIDAD DE
CÁNTARA**

RESUMEN

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Autor: Joaquín Andrés Bosqued Carranque

Director: D. Alfredo Trueba Ruiz

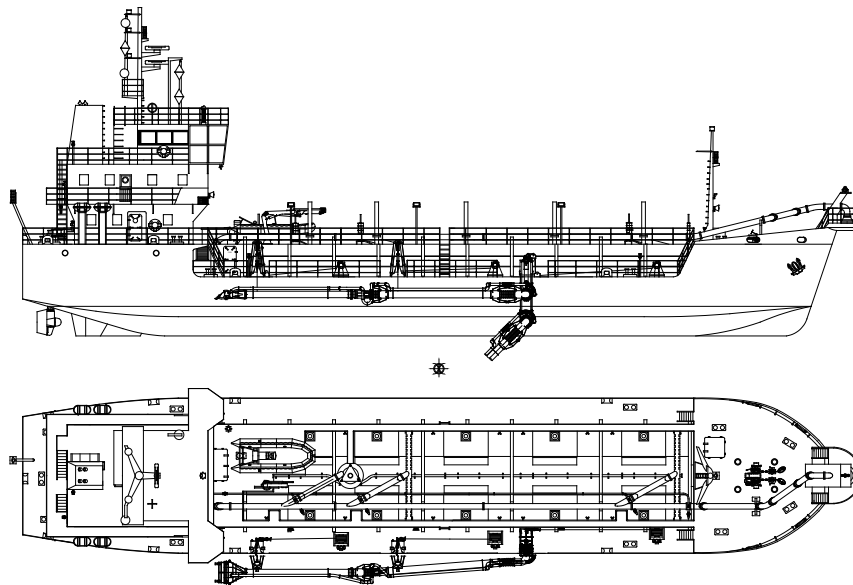
Octubre 2012

ÍNDICE

1.	MEMORIA	3
2.	CÁLCULOS Y PLANOS.....	7
3.	PLIEGO DE CONDICIONES	14
4.	PRESUPUESTO.....	15

1. MEMORIA

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO Y OBJETIVO



El armador del buque necesita potenciar e incrementar su versatilidad modernizando y ampliando su capacidad de dragado por encima de la cota actual.

Pasos:

- Comprobación de la adecuación de la bomba existente para la nueva cota.
- Estudio de la necesidad de instalar una nueva bomba.

Para ello se justificarán los distintos equipos que conforman el sistema de dragado del buque y el cálculo de los diferentes parámetros (potencia de la bomba de dragado, caudales, diámetros de tubo de dragado, pérdidas de carga, etc.), para la nueva cota de dragado. Se justificará la viabilidad económica del proyecto.

DESCRIPCIÓN DEL BUQUE. CARACTERÍSTICAS ACTUALES.

Buque de casco de acero y propulsión diesel construido para el dragado de succión en marcha, equipado de forma que es capaz, de manera segura y eficaz, de:

- Dragado en arrastre mediante tubo de succión.
- Descarga del material en la cántara.
- Descarga por puertas de cierre de fondo de tipo positivo.
- Dilución de la carga de la cántara mediante toberas situadas en la parte baja de la cántara.
- Descarga a tierra a través de la conexión de rótula de proa.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

Eslora total.....	55,00 m
Eslora entre perpendiculares.....	51,80 m
Manga de trazado.....	10,50 m
Puntal en cubierta principal.....	4,00 m
Calado a la marca de dragado.....	3,50 m
Capacidad de la cántara.....	1000 m ³
Peso muerto total hasta la marca de dragado.....	1275 T
Cota de dragado por debajo de la línea de flotación en rosca.....	Aprox. 15 m
Cota de dragado máxima.....	16,5 m
Diámetro interior del tubo de succión.....	400 mm
Potencia propulsiva.....	2 x 578 kW
Potencia de motores auxiliares.....	3 x 280 kW
Velocidad máxima.....	9,4 nudos
Velocidad de servicio.....	9,0 nudos



Autonomía a 9,0 nudos.....	2.414 millas
Registro bruto.....	737 GT
Tripulación.....	10
Año de construcción.....	1995

- Propulsores: dos hélices azimutales con tobera Schottel SRP-330 y un propulsor auxiliar en proa Schottel SPJ 57T para maniobra y propulsión auxiliar.
- Motores principales: dos unidades Caterpillar 3508 DITA JW.
- Bomba de dragado: bomba acoplada mediante reductora al motor principal de estribor. Bomba tipo Grotius BP 3530 LD fabricada por De Groot Nijkerk, de 135 kW de potencia y 500 r.p.m.

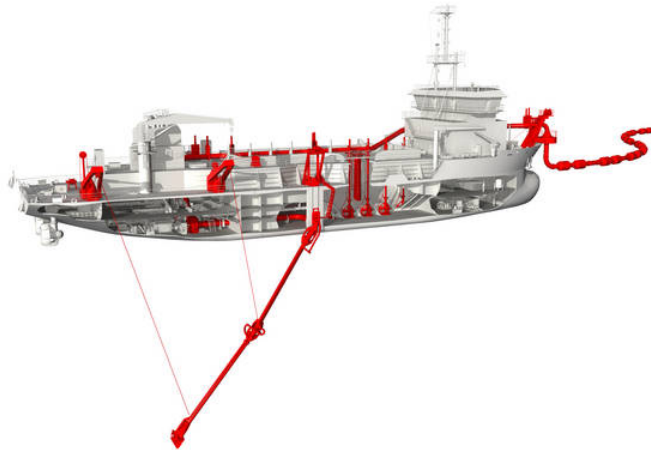
CLASIFICACIÓN

Buque construido bajo la inspección y requerimientos de la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas con la notación:

HOPPER DREDGER COASTAL WATERS, DREDGING WITHIN 15
MILES FROM SHORE WITHIN 20 MILES FROM PORT

DESCRIPCIÓN DE LAS DRAGAS PORTADORAS DE SUCCIÓN EN MARCHA Y DE SUS EQUIPOS.

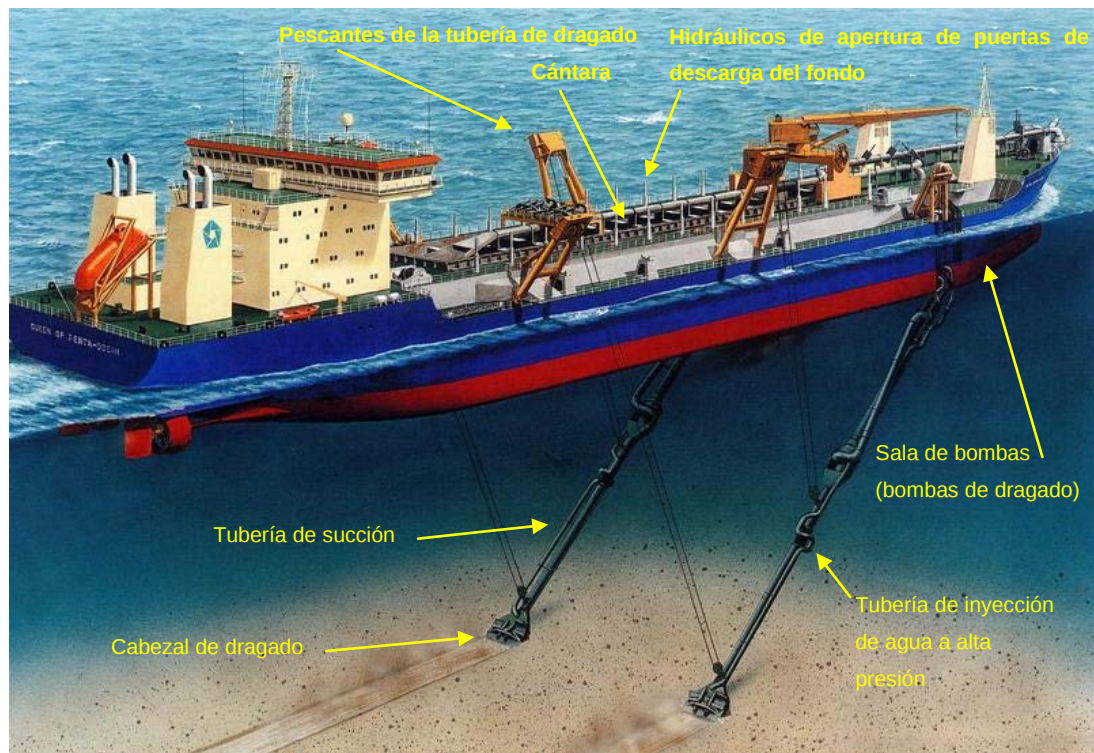
En este capítulo se hace una descripción de los diversos equipos que portan las dragas portadoras de succión en marcha, tales como bombas de dragado, compensador de olas, tubos de succión, pescantes, cabezales de dragado, etc., así como su forma de operar.



Una draga de succión en marcha es una embarcación auto portante y autopropulsada, diseñada para dragar de forma continua elevados volúmenes de material de forma sencilla y económica, y admitiendo condiciones marítimas adversas.

El material es aspirado por una bomba centrífuga a través de un tubo en cuyo extremo tiene un cabezal de succión. A bordo del buque se encuentra la bomba centrífuga que crea el vacío necesario en el cabezal para poner en suspensión los materiales sueltos en el agua, y que aspira la mezcla agua-material que finalmente vierte y almacena en la cántara de la draga.

Durante el proceso de dragado, el barco sigue navegando, aunque a una velocidad muy inferior a la de crucero. El material aspirado se vierte en la cántara, donde los sólidos decantan hacia el fondo y el agua que queda por encima se va evacuando a través de un dispositivo de rebose.



2. CÁLCULOS Y PLANOS

En este capítulo se hace una introducción teórica a las ecuaciones y modelos matemáticos que se han tenido en cuenta para los distintos cálculos empleados en el proyecto para continuar con la aplicación práctica de dichos modelos al proyecto en cuestión.

En la práctica, el medio de transporte que nos ocupa (agua o mezcla) se considera incompresible pero el flujo no puede considerarse sin rozamiento. Cuando el agua o la mezcla fluye por el interior de la tubería, disipan una porción de su energía mecánica que se transforma en energía térmica.

La grafica $H_{man}-Q$ de una bomba da la cantidad de energía que la bomba suministra al sistema bomba-tubería para unas ciertas r.p.m. del rodete de la

bomba y caudal Q a través de dicha bomba. La altura manométrica que entrega la bomba al medio está determinada la “presión manométrica”.

- **Efecto de los sólidos en las prestaciones de la bomba.**

Las partículas sólidas de una mezcla que está siendo bombeada, disminuyen el rendimiento de la bomba de dragado.

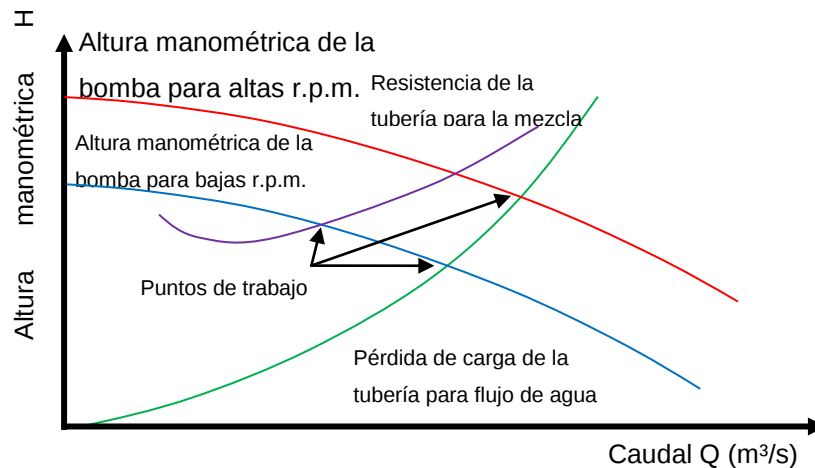
La reducción del rendimiento de la bomba y el incremento de la presión manométrica aumenta con el tamaño de la partícula y con la concentración de sólidos.

En un sistema bomba-tubería se requiere que la presión manométrica de una bomba de dragado supere la pérdida de carga total de la mezcla transportada por la tubería a la que está conectada. La pérdida de carga total está compuesta de:

- Pérdidas mayores y menores debidas a la fricción del flujo en la tubería de succión.
- Pérdidas debidas a los cambios en la elevación de la tubería de succión.
- Pérdidas mayores y menores debidas a la fricción del flujo en la tubería de descarga.
- Pérdidas debidas a cambios en la elevación de la tubería de descarga.
- Pérdidas debidas a la aceleración de la mezcla en la línea de tuberías.

- **Zona de trabajo del sistema bomba-tubería.**

Cuando la resistencia de la tubería cambia (normalmente debido a la fluctuación de la densidad de la mezcla en la tubería) la instalación opera dentro de una zona de trabajo en vez de en un punto solo.



La zona comprendida dentro de la intersección de las cuatro curvas es la “zona de trabajo” del sistema.

- **Cavitación.**

Condición en un líquido en el cual la presión local cae por debajo de la presión de vapor y ello produce burbujas de vapor. Disminuye considerablemente la eficiencia de las bombas y puede ser causa de daños en las partes de la misma. Una bomba cavitante da una menor altura manométrica y por tanto una menor producción de sólidos.

Una bomba comienza a cavitarse si la carga de aspiración neta (NPSH-*Net Positive Suction Head*) disponible para prevenir la cavitación de la bomba es menor que la NPSH requerida por la bomba para evitar la cavitación.

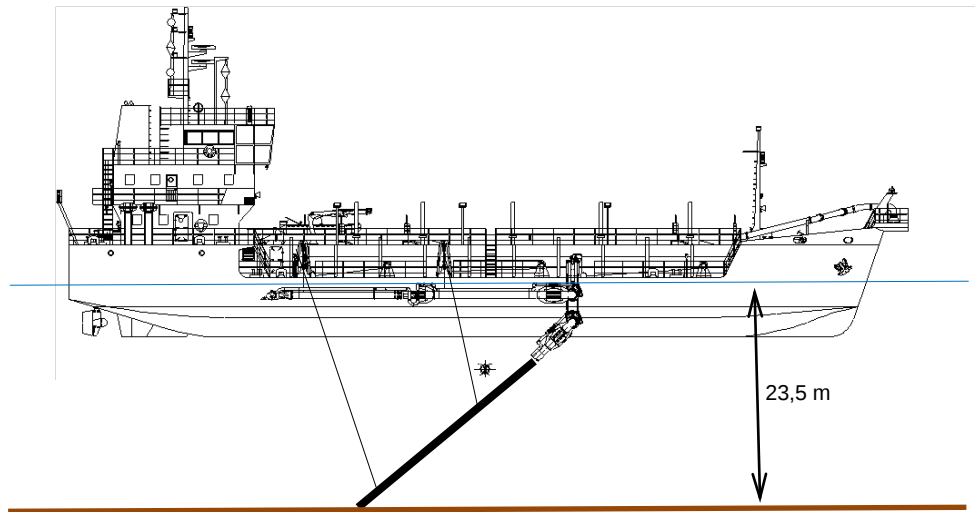
La condición de No Cavitación para el sistema bomba-tubería es:

$$(NPSH)_r < (NPSH)_a$$



MODIFICACIONES AL PROYECTO ORIGINAL. VIABILIDAD TÉCNICA.

	Situación antes de la modificación	Modificación propuesta por el armador
Eslora total	55,00 m	55,00 m
Eslora entre perpendiculares	51,80 m	51,80 m
Manga de trazado	10,50 m	10,50 m
Puntal en cubierta principal	4,00 m	4,00 m
Calado a la marca de dragado	3,50 m	3,50 m
Capacidad de la cántara	1000 m ³	1000 m ³
Capacidad de carga	1235 T	1250 T
Cota de dragado máxima	16,5 m	23,5 m
Longitud de tubería de succión (fuera del buque)	21,0 m	30,5 m
Caudal de la bomba	1764 m ³ /h	1440 m ³ /h
Densidad de sólidos in situ	1243 kg/m ³	2000 m ³
Potencia de la bomba de dragado	135 kW	-
R.P.M. de la bomba de dragado	500	-
Diámetro de la tubería de succión	400	400
Diámetro de la tubería de descarga	350	350



CÁLCULOS.

En este apartado se comprobará el comportamiento de la mezcla con el equipo existente a bordo y se analizará la viabilidad técnica de mantenerlo para los nuevos parámetros, o si por el contrario se hace necesario cambiar dicho equipo a la vista de los resultados.

DATOS:

- d_{50} : 0,120 mm (arena fina)
- d_{50} : 6,0 mm (grava media)
- ρ_s : 2650 kg/m³ (densidad de las partículas de arena)
- ρ_f : 1025 kg/m³ (densidad del agua de mar)
- ν_f : 1,082 x 10⁻⁶ m²/s (viscosidad cinemática del agua de mar a 20°C).
- C_{vd} : 0,27 (concentración de sólidos en la mezcla transportada)
- Δh : 23,5 m (cota de dragado)
- ω : 45° (inclinación del tubo de succión)
- D : 400 mm (diámetro interior del tubo de succión)
- k : 20 micras (rugosidad de las paredes del tubo de succión – 0,00002 m)

Se efectúan los siguientes cálculos para la tubería de succión y de descarga, tanto para los casos de arena fina y de grava media:

- Cálculo de la velocidad crítica
- Pérdidas de energía debidas a la fricción y altura manométrica requerida. Pérdidas mayores y pérdidas menores. Producción de sólidos.
- Estimación de potencia de la bomba necesaria. Selección de la bomba.

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS.

DESCRIPCIÓN	ARENA FINA (d=0,120 mm)	GRAVA MEDIA (d=6,0 mm)
• Velocidad límite en la tubería recta de succión, V_m :	2,32 m/s	5,05 m/s
• Velocidad límite en la tubería de succión inclinada 45°, V_m :	3,60 m/s	8,65 m/s
• Velocidad límite en la tubería recta de descarga, V_m :	2,18 m/s	4,73 m/s
• Velocidad límite en la tubería de descarga inclinada 60°, V_m :	2,98 m/s	5,53 m/s
• Pérdidas de carga totales en la succión, $H_{mantotsuc}$:	14,393 m.c.a.	28,565 m.c.a.
• Pérdidas de carga totales en la descarga, $H_{mantotdesc}$:	5,139 m.c.a.	18,076 m.c.a.
• Potencia al eje de la bomba:	408,77 kW	488,05 kW
• Caudal:	0,800 m ³ /s	0,400 m ³ /s

MODIFICACIONES FINALES.

Propuesta de plan de varada para adecuar la draga objeto del proyecto a las nuevas condiciones de dragado solicitadas por el armador.

PLANOS.

- Plano nº 1: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL 1/3 (antes de la modificación).
- Plano nº 1: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL 2/3 (antes de la modificación).
- Plano nº 1: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL 3/3 (antes de la modificación).
- Plano nº 2: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL 1/3 (después de la modificación).
- Plano nº 2: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL 2/3 (después de la modificación).
- Plano nº 2: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL 3/3 (después de la modificación).
- Plano nº 3: PLANO DE FORMAS.
- Plano nº 4: CABEZAL DE DRAGADO.
- Plano nº 5: PESCANTE DE LA PIEZA DESLIZANTE.

- Plano nº 6: PESCANTE INTERMEDIO.
- Plano nº 7: PESCANTE DEL CABEZAL DE DRAGADO.
- Plano nº 8: DISPOSICIÓN DEL TUBO DE SUCCIÓN CON ACCESORIOS.
- Plano nº 9: ACOPLAMIENTO DESLIZANTE.
- Plano nº 10: PIEZA DESLIZANTE Y TUBO INTERMEDIO CON BRAZOS.
- Plano nº 11: JUNTA UNIVERSAL.

3. PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales de contratación. Consta de:

- DATOS DEL BUQUE
- REPRESENTACION
- RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE
- RESPONSABILIDAD DEL ASTILLERO.
- RESPONSABILIDAD POR DAÑOS AL BUQUE Y DAÑOS PERSONALES/MUERTE Y OBLIGACIONES DE SEGURO
- RESPONSABILIDAD POR LUCRO CESANTE
- PLAZO DE ENTREGA
- FUERZA MAYOR
- TRABAJOS REALIZADOS POR TERCERAS PARTES
- CHATARRA/MATERIAL DE DESECHO

- PRECIOS
- PAGO
- TIEMPO LÍMITE
- NOTIFICACIONES
- LEY VIGENTE Y TRIBUNALES.

4. PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	PRECIO
1. SERVICIOS GENERALES	31.233,00 €
2. GRÚAS	775,00 €
3. VARADA, BOTADURA Y ESTADÍAS	28.437,32 €
4. PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y PINTADO	24.781,80 €
5. PROTECCIÓN CATÓDICA	2.776,00 €
6. ANCLAS Y CADENAS	2.552,00 €
7. VÁLVULAS (NO DEL EQUIPO DE DRAGADO)	4.510,00 €
8. TOMAS DE MAR	1.980,00 €
9. LIMPIEZA DE TANQUES	2.817,00 €
10. TRABAJOS DE TUBERÍA (NO DEL EQUIPO DE DRAGADO)	5.805,00 €
11. TRABAJOS EN ACERO (NO DEL EQUIPO DE DRAGADO)	1.100,00 €
12. TRABAJOS DE CAMBIO DEL EQUIPO DE DRAGADO	321.852,00 €
13. PRUEBAS DEL EQUIPO DE DRAGADO	13.950,00 €
PRECIO TOTAL:	442.569,12 €

Precio de venta:	442.569,12 €
Precio de coste:	335.025,00 €
Beneficio industrial:	24,30 %

Plazo de entrega: 25 días en varada, 2 días de muelle y 3 días de pruebas de mar.