

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA
DE DRAGADO EN EL TERMINAL PORTUARIO DE SALAVERRY**

INFORME DE SUFICIENCIA

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL**

Diana Duval Escobar Orbegozo

Lima - Perú

2011

Dedicatoria

Me gustaría dedicar este Informe de Suficiencia con todo mi amor y cariño a ti DIOS, que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa, a mis padres Fulgencio y Marina.

Gracias padres por su comprensión, por creer en mí y por ayudarme en momentos malos y menos malos, me han enseñado a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como profesional, como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia, mi empeño, y todo ello sin pedir nunca nada a cambio, me faltará vida para devolverles todo lo que ustedes me brindaron sin condiciones; por todo esto les agradezco de todo corazón que estén a mi lado.

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	7
1. 1 RESEÑA HISTÓRICA	7
1. 2 UBICACIÓN DEL PROYECTO	10
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	11
2. 1 DRAGADO PORTUARIO	11
2.1. 1 Motivos para realizar un dragado	13
2. 2 CLASIFICACIÓN DE LAS DRAGAS	15
2.2. 1 Tipos de Dragas	16
2. 3 EL PROCESO DE DRAGADO Y SUS OPERACIONES	18
2.3. 1 Extracción de material del fondo a la superficie	19
2.3. 2 Transporte del material extraído	19
2.3. 3 Descarga de material transportado	20
CAPÍTULO III: INFORMACIÓN BÁSICA Y CÁLCULO DEL COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRAGADO	23
3. 1 DESCRIPCIÓN GENERAL	23
3. 2 PERÍODO DE OPERACIÓN NETA	24
3. 3 DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LOS COSTOS	24
3.3. 1 Costo de combustible	24
3.3. 2 Costo de personal	26
3.3. 3 Costo de seguros	27
3.3. 4 Otros	27
3.3. 5 Costo de Mantenimiento Preventivo	27
3.3. 6 Costo de mantenimiento correctivo	35
3. 4 COSTOS DE OPERACIÓN	35
3. 5 COSTOS DE MANTENIMIENTO	36
3. 6 COSTOS TOTALES	36

CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40
RESUMEN DE REFERENCIAS VIRTUALES	42
ANEXOS	43
ANEXO A: ELECCIÓN DEL TIPO DE DRAGA A USAR EN EL TPS	44
ANEXO B: DETERMINACIÓN DE MOTORES DEL TREN DE DRAGADO	58
ANEXO C: PLANO	63

RESUMEN

El problema de erosión de los balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y en menor grado el litoral de Huanchaco, originado por la construcción del molo retenedor del puerto de Salaverry construido para frenar el pase de arena hacia el puerto en mención con el fin de mantener el calado necesario para la operatividad del puerto, lo cual trajo como consecuencia la disminución de la arena en los balnearios ya mencionados.

La solución que se planteó fue de dragar la costa sur del molo retenedor y descargar el sedimento dragado en la zona norte del rompeolas N° 3, de esta manera se recuperaría parte de la playa perdida por la erosión del mar. Para este fin se usará una draga de succión de arrastre de 2,400 m³. de cántara, necesaria para remover 1'000,000 m³. de sedimento fangoso que existe en la zona del TPS (Terminal Portuario de Salaverry).

El presente informe determina las condiciones y estima el costo de operación (combustible, personal, seguros, transporte de personal, gastos de oficina, imprevistos, etc.) y mantenimiento (mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo) del tren de dragado en un año, tiempo suficiente para dragar todo el sedimento acumulado en la costa sur del TPS; luego de ello se realizará un dragado permanente de la zona, pero en menor volumen, por lo cual este costo de operación y mantenimiento no serán aplicables después del primer año.

Bajo criterios aplicados se obtuvo costo de operación de US \$ 3'538,335.49, costo de mantenimiento de US \$ 126,269.09 y costo de personal soporte administrativo de US \$ 104,160.00; por lo tanto, el costo total de operación y mantenimiento del tren de dragado durante el primer año se estima en US \$ 3'768,764.58.

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Clasificación de las dragas	16
Tabla N° 3.1: Parámetros de cálculo de combustible	25
Tabla N° 3.2: Costo de combustible	25
Tabla N° 3.3: Costo de personal del equipo de dragado	26
Tabla N° 3.4: Costo de personal administrativo	27
Tabla N° 3.5: Parámetros de costo de mano de obra en mp	29
Tabla N° 3.6: Parámetros de costo de mano de obra en mp	29
Tabla N° 3.7: Costo de mano de obra en mp	30
Tabla N° 3.8: Costo de filtro	31
Tabla N° 3.9: Costo de filtro anual	32
Tabla N° 3.10: Costo de lubricante	32
Tabla N° 3.11: Costo de lubricante anual	33
Tabla N° 3.12: Costo de repuestos y materiales del equipo de dragado	33
Tabla N° 3.13: Costo de repuestos y materiales de equipo auxiliar	34
Tabla N° 3.14: Costo de repuestos y materiales de equipo auxiliar	34
Tabla N° 3.15: Costos de mantenimiento	35
Tabla N° 3.16: Costos de operación del tren de dragado	35
Tabla N° 3.17: Costos de mantenimiento del tren de dragado	36
Tabla N° 3.18: Costos de operación y mantenimiento del tren de dragado	36

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.1: Marinero Rivas - equipo de dragado de salaverry	8
Figura N° 1.2: Evolución de la sedimentación al sur de las obras de abrigo del puerto	8
Figura N° 1.3: Terminal portuario de Salaverry	9
Figura N° 1.4: Mapa geográfico de la provincia de Trujillo	10
Figura N° 2.1: Esquema de una draga de succión en marcha	18
Figura N° 2.2: Dragas descargando el material a través de una tubería flotante	21
Figura N° 2.3: Dragas de succión vertiendo el material mediante impulsión con el sistema "chorro de proa"	21
Figura N° 2.4: Ubicación de las compuertas de pre-descarga	22

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

TPS	Terminal Portuario de Salaverry
MP	Mantenimiento Preventivo
TSHD	Trailer Suction Hopper Dredgers
FDO	Factor de Disponibilidad Operativa
CDF	Confined Disposal Facility
CO	Costo de Operación
CM	Costo de Mantenimiento
CPSA	Costo de Personal Soporte Administrativo

INTRODUCCIÓN

El siguiente Informe de Suficiencia consta de 3 capítulos, a continuación se pasa a describir de manera breve el contenido de cada capítulo:

Capítulo I: En 1956, como consecuencia de la construcción del rompeolas principal en el puerto de Salaverry se comenzó a obstruir el transporte de sedimentos, lo que produjo una sedimentación en la costa sur del rompeolas; debido a estos problemas se efectuaron operaciones de dragado de emergencia en tres oportunidades durante los años: 1970, 1971 y 1972. A causa de la gran demanda de sedimentos a remover se decidió adquirir una draga de succión por arrastre con cántara de 1,600 m³. denominada Marinero Rivas; por ser este sedimento un material fangoso, sólo lograba 15% del rendimiento de la cántara, entonces esta draga no era suficiente para remover todo el sedimento de la zona, por lo que se hacía necesario una draga de succión por arrastre con mayor capacidad de cántara.

Capítulo II: Por razones de sedimentación en la costa sur del rompeolas, se decidió adquirir una draga de succión por arrastre con tolva de 2,500 m³. de capacidad de cántara, suficiente para dragar 1'000,000 m³. en un año. Esta draga puede descargar el material removido de 3 formas: conexión a tierra mediante tuberías, chorro de proa y compuertas de pre-descarga; en el caso del presente informe se usará la descarga de conexión a tierra mediante tuberías para recuperar la costa norte.

Capítulo III: Los costos de operación y mantenimiento de la draga considerado en el presente informe comprenden todos los criterios que demandan operar y mantener cada uno de los componentes del tren de dragado en el período de un año, referidos específicamente a horas netas de operación.

En tal sentido; la estructura de costos de operación estará conformada por el costo de combustible, costo de personal, costo de seguros y otros (transporte de personal, gastos de oficina, imprevistos, etc.); mientras que la estructura de costo de mantenimiento estará compuesta por el costo del mantenimiento preventivo y el costo del mantenimiento correctivo.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

La costa norte del país en el TPS es una zona abierta lo que hace que el fenómeno de transporte de sedimentos sea un aspecto importante cuando se proyecte construir estructuras sobre el litoral; por lo tanto, con el inicio de la construcción del rompeolas principal del puerto de Salaverry en 1956 se comenzó a obstruir el transporte de sedimentos. Una vez colmatada la capacidad de almacenaje de arena al sur del rompeolas, la arena comenzó a pasar delante de él, depositándose en el extremo del mismo y aumentando paulatinamente.

En consecuencia al ingreso de sedimentos al puerto desde el año 1956, se efectuó en 1970 un primer dragado de emergencia con la draga Oficial Mar Landa permitiendo que el puerto continuara funcionando, en 1971 se efectuó un segundo dragado de emergencia con la misma draga con el fin de mantener el calado de ingreso a los barcos. En vista de la incapacidad del equipo existente para habilitar totalmente el canal de ingreso, zona de maniobras y amarraderos, en 1972 se decide efectuar un dragado integral con el alquiler a la empresa Drading VO2 de la draga Volvox-Hollandia de 6,000 m³. de cántara.

Con la finalidad de tener un equipo permanente y propio, se decidió adquirir una draga de succión por arrastre con 1600 m³. de cántara, denominada Marinero Rivas, el cual se muestra en la Figura N° 1.1 que llegó 2 años más tarde, en 1974; mientras tanto no se pudieron efectuar los dragados de mantenimiento que se habían programado posteriores al dragado integral por falta del equipo apropiado.

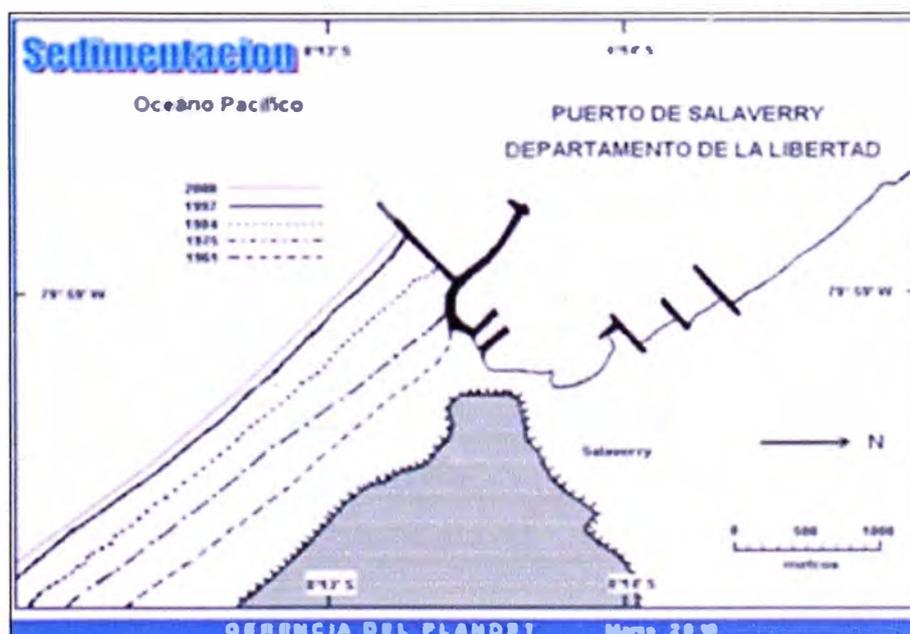
Figura N° 1.1: Marinero Rivas - Equipo de dragado de Salaverry



Fuente: [8]

Por ello, en 1973 se construyó un espigón de 535 m. de largo perpendicular al rompeolas en la zona del cabezo, ampliado por primera vez en 300 m. en 1982 y por segunda vez en 200 m. en 2003; con la finalidad de que retuviera o disminuyera el ingreso de arena al puerto, dando tiempo así a la llegada de la nueva draga. A continuación, en la Figura N° 1.2 se ilustrará de manera cronológica como se ha dado el crecimiento de la sedimentación al sur desde el inicio de la construcción del rompeolas principal en 1956. [9]

Figura N° 1.2: Evolución de la sedimentación al sur de las obras de abrigo del puerto



Fuente: [5]

La draga Marinero Rivas con sus 1,600 m³. de cántara podría haber resuelto el problema del dragado de mantenimiento en el puerto, pero aún en las mejores condiciones de carga de sus cántara, apenas lograba el 15% de material en la mezcla con el agua debido a la fineza de la arena, lo que origina que sea casi imposible su decantación en la cántara.

Con el inicio de la construcción de obras de abrigo para facilitar las operaciones portuarias en el terminal portuario de Salaverry y luego con la construcción del molo retenedor de arena como se ilustra en la Figura N° 1.3, han ocasionado una obstrucción del transporte natural de sedimentos que antes de la construcción del rompeolas se encontraba en equilibrio, sin sedimentación ni erosión a lo largo de la playa; por tal razón, sin los aportes de sedimentos a las playas hacia el norte se ha originado un retroceso de su perfil costero, siendo la erosión de la playa de Buenos Aires, la más grande en el litoral peruano con una pérdida en promedio de costa de 221.43 m. desde el año 1978 al 2008. [6]

Figura N° 1.3: Terminal Portuario de Salaverry

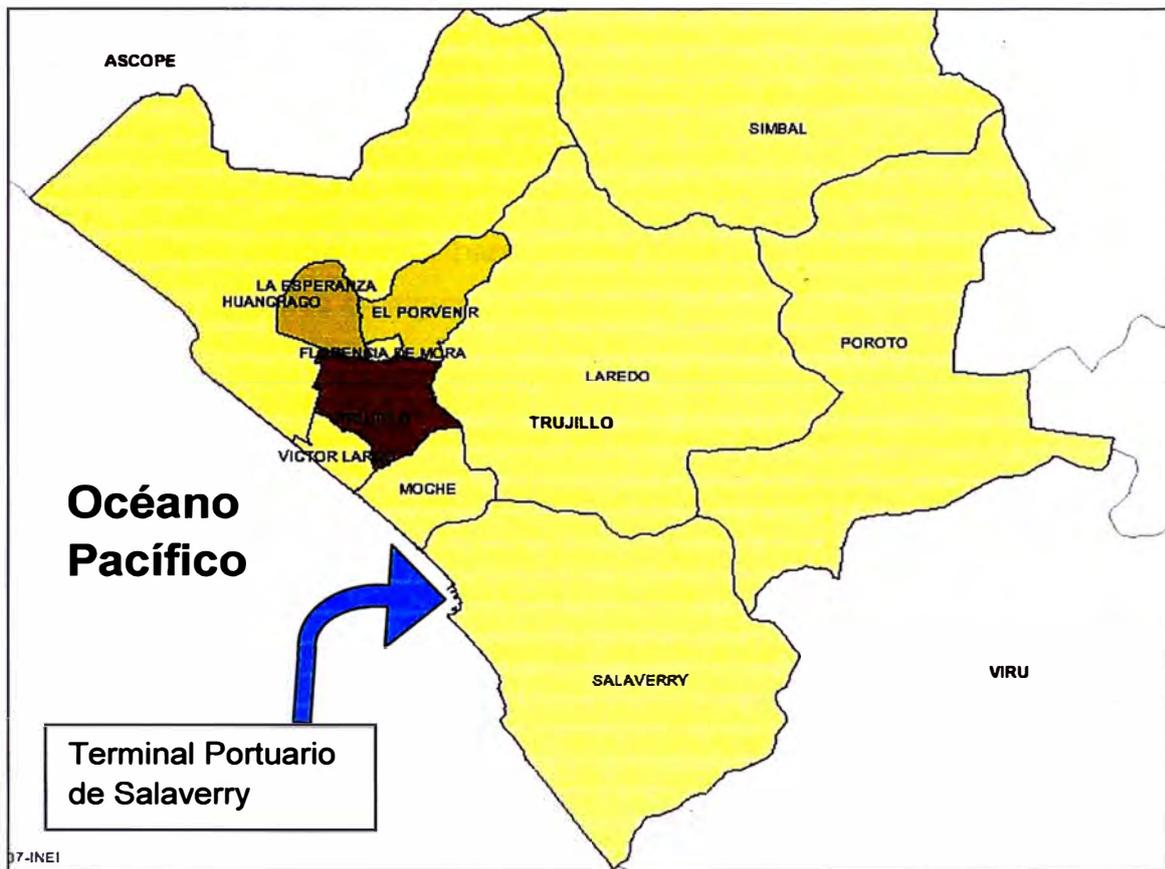


Fuente: Google Earth

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La zona en estudio comprende la costa norte de los distritos de Moche, Víctor Larco y Huanchaco pertenecientes a la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. En el presente informe se mencionarán dos balnearios como puntos de referencia del análisis a realizar en la zona de estudio, el primero es el balneario de Buenos Aires que se encuentra ubicado en el distrito de Víctor Larco y el segundo es el balneario de Las Delicias que se encuentra ubicado en el distrito de Moche; en la Figura N° 1.4 se muestra el mapa geográfico de la provincia de Trujillo y los distritos en mención. [10]

Figura N° 1.4: Mapa geográfico de la provincia de Trujillo



Fuente: [7]

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 DRAGADO PORTUARIO

El dragado es una excavación técnica bajo el agua que tuvo su origen en las naciones marítimas de Europa y en la necesidad de facilitar la navegación en los canales y puertos importantes para el desarrollo del comercio nacional e internacional.

A mediados del siglo pasado comenzó a desarrollarse formalmente el dragado, para lo cual se emplearon embarcaciones de casco de mayores dimensiones a las que se habían utilizado con anterioridad.

El dragado es la extracción de materiales (fango, arena, grava, etc.) del fondo de los puertos, ríos y canales con el fin de aumentar el calado y descargar estos sedimentos en las zonas de depósito, que puede ser el mar o utilizarlos en el relleno de áreas bajas, para asiento de instalaciones industriales y de urbanización o simplemente para sanear terrenos pantanosos que originan condiciones insalubres en algunas localidades.

Las operaciones de dragado deben cumplir una doble función: extraer el material y llevarlo hasta el lugar de descarga. El primero se efectúa cuando es preciso crear o aumentar la profundidad requerida para la flotación o navegación de los buques en puertos, dársenas, ríos y canales. El segundo tiene por finalidad mantener esos calados, neutralizando la acción de los sedimentos que pueden ser originados por corrientes, marejadas, acarreos de litoral, etc.

Durante la etapa de construcción de una obra marítima, es necesario efectuar dragados de importancia, es conveniente emplear el material extraído para relleno; si este es adecuado para tal fin, ya que es práctica usual y además económica la combinación de estas dos funciones, la excavación del material subacuático para aumentar el tirante de agua y el aprovechamiento de estos sedimentos que se descargan directamente en la zona con objeto de elevar las cotas de un terreno.

Se puede definir a la draga como una embarcación especialmente dispuesta y con los medios necesarios para limpiar y extraer material del fondo de los puertos, ríos, dársenas, canales, etc.

La profundidad a la que debe dragarse un puerto, está subordinada a los navíos de mayor calado que lo frecuenten. Para fundamentar la necesidad de aumentar el tirante de agua en un puerto, se empieza por obtener para cada lugar en particular, en las capitanías de puerto, las estadísticas de entrada y salida de buques, clasificándolos de acuerdo a sus calados y esto dará la norma para determinar la profundidad de dragado y que generalmente es la que corresponde al calado del 95% de los buques. [4]

En las capitanías de puerto, también pueden ser obtenidos los datos de la frecuencia con que algunos barcos entran o salen con carga incompleta por no haber profundidad necesaria y los tiempos perdidos en espera de la pleamar para hacer sus operaciones de carga y descarga, cuando estas pérdidas sean iguales o superiores al costo del dragado, se justifica la realización de éste.

También hay que tomar en consideración el desarrollo que en un futuro inmediato puede tener un puerto el arribo de buques de mayor tamaño y con más carga, esta característica es fundamental para poder ampliar el trabajo del puerto y captar otros clientes importantes.

La profundidad de dragado de un puerto, también se encuentra influenciada por las características del fondo, oleaje y velocidad de los buques. Las características del fondo, se refiere al material que forma el lecho del canal para dejar el espacio adecuado entre la quilla del barco y éste. Si el fondo es de material suave como limo, arena y arcilla, no dañará al buque en cuestión por lo que el espacio puede ser mínimo de 30 cm. aproximadamente. Cuando se trate de fondo rocoso, arenisco o cualquier otro material compactado, es conveniente un espacio de 90 cm. como prevención contra un movimiento marino. Si en el sitio existe oleaje la distancia libre entre quilla y fondo debe ser como mínimo de la cifra anterior, de acuerdo al fondo de que se trate más la mitad de la altura de la ola. El factor velocidad también es de consideración ya que un buque navegando produce una depresión (a 6 u 8 nudos, da lugar a una depresión de 70 cm. aproximadamente).

2.1. 1 Motivos para realizar un dragado

La obra de dragado puede ser una obra específica donde el objeto principal es ejecutar un dragado o parte de una obra civil de mayor importancia donde la obra de dragado es una parte de la obra principal.

Existen una serie de situaciones donde es necesario realizar tareas de dragado. A continuación se indican algunos casos con ejemplos representativos.

A) Canales de navegación

Dragado de canales de acceso y vías navegables. Esta es una de las aplicaciones más comunes y conocidas de las obras de dragado. En todos los países del mundo hay requerimientos de dragados de apertura y dragados de mantenimiento.

B) Construcción de puertos

La realización de obras portuarias exige la excavación de las dársenas y zonas de giro y el relleno de las zonas de muelles. Cuando el material es apto se trata de compensar volúmenes de excavación y relleno. Esta excavación es más eficiente y económico realizarla mediante dragas avanzando y abriendo camino desde el agua.

C) Proyectos de relleno de áreas

Las áreas elegidas sobre la costa o en bahías se rellenan mediante material traído desde zonas de préstamo que pueden estar ubicadas a grandes distancias de navegación. Posteriormente se utilizan estas áreas recuperadas para instalar aeropuertos, carreteras, áreas residenciales o industriales.

D) Obtención de materiales de construcción

La obtención de arenas y gravas como materiales de construcción es una de las aplicaciones más habituales de las técnicas de dragado. Las dragas son de succión por arrastre, de pequeñas dimensiones y con la cántara diseñada especialmente para este fin.

E) Relleno de playas

Las actividades recreativas en la zona costera son muy populares en todo el mundo. Por razones naturales o por influencia antrópica las playas tienden en

muchos casos a perder material disminuyendo su valor turístico. Es habitual que frente a problemas de erosión se recurra a tareas de relleno o restauración de playas con material aportado mediante dragas. En algunos casos el material de aporte puede ser utilizado para el recrecimiento de dunas que son la protección natural del sistema costero.

F) Excavación de trincheras para tuberías

Hay cada vez más tendidos de cables y ductos para transporte de gas o petróleo en las zonas marítimas. Habitualmente es necesario realizar una operación de nivelado del fondo para el tendido de las tuberías o de dragado de una trinchera donde se instala la tubería y posteriormente se cubre con material adecuado. En el mar del norte se han realizado muchas obras de esta naturaleza. Es importante también la obra de dragado necesaria para que la tubería de gas u otras llegue a la costa.

G) Remoción de sedimentos contaminados

Para limpiar vías navegables o zonas portuarias, soluciona la problemática de remover sedimentos contaminados.

H) Tapado de sedimentos contaminados

En las zonas portuarias o cercanas a zonas industriales es habitual encontrar depósitos de material contaminado. Este material puede ser desplazado hacia otros lugares por la influencia de las corrientes por lo que actualmente se toman acciones para evitar los efectos ambientales de esos depósitos; una forma es retirar esos sedimentos, cuando no es imprescindible mover los sedimentos puede resultar más económico confinarlos mediante una capa de arena limpia que evite la dispersión de los contaminantes en el medio, a este procedimiento se le denomina capping.

I) Hundimiento de cascos hundidos

En las vías navegables con mucha navegación suelen suceder accidentes de diferente gravedad, en algunos casos el buque se hunde en la vía navegable y parte del buque emerge por encima del nivel de fondo comprometido por la autoridad de aplicación siendo un riesgo para los otros buques que utilizan la vía navegable. En estos casos se pueden tomar diversas acciones; una de ellas es remover el buque con los costos que ello implica, otra solución es dragar

alrededor del buque hundido para que se hunda aún más en el fondo y la parte más elevada del mismo quede por debajo de la máxima profundidad.

J) Creación de habitats para aves o especies marinas

Las obras portuarias suelen destruir zonas pantanosas donde viven aves o especies marinas. Una estrategia de negociación con grupos ambientales suele ser la creación de espacios alternativos para la protección de estas especies. [1]

2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS DRAGAS

Las operaciones de dragado deben cumplir con una doble función:

- Extraer el material y
- Conducirlo hasta el lugar de descarga.

Existen dos tipos de dragado a saber:

- El de construcción
- El de conservación

El dragado de construcción se realiza cuando es necesario crear o aumentar profundidades, las dimensiones en planta o ambos, es conveniente emplear el material extraído para relleno si este es apropiado para el fin, ya que es práctica usual y además económica, la combinación de estas dos funciones; la excavación del material subacuático sirve para aumentar el tirante de agua y el aprovechamiento de este material, descargándolo directamente en la zona con objeto de elevar las cotas de un área que se desee utilizar.

El dragado de conservación, se efectúa con la finalidad de retirar los azolves que originan corrientes, marejadas, acarreo litorales, etc. este puede ser periódico o permanente. Debe de efectuarse el dragado, para conservar las tres dimensiones (largo, ancho y profundidad) del proyecto, particularmente la profundidad.

El dragado de conservación puede ser de tipo periódico y permanente:

- El primero se efectúa con cierta periodicidad o intervalo de acuerdo con la cantidad de material que se deposite en la zona, los dragados discontinuos se llevan a cabo en los puertos, canales, etc., en que los aportes de azolve

son de poca importancia y se difunden en dársenas con reserva de profundidad. La observación periódica mediante sondeos indicará el agotamiento de esa reserva y el tiempo en que debe disponerse el dragado para eliminar los depósitos.

- Los dragados continuos se realizan esencialmente en los canales de navegación, barras de los ríos, puertos, etc., en que los arrastres de los sedimentos son de tal consideración que exigen que continuamente sean retirados con el fin de mantener permanentemente la máxima profundidad requerida por los buques que operan en los puertos.

2.2. 1 Tipos de Dragas

Los equipos de dragado se pueden clasificar de acuerdo a cuál es el principio básico que utilizan para ejecutar la excavación de los materiales, la Tabla N° 2.1 indica la clasificación de las dragas y algunas características operativas.

- Dragas mecánicas
- Dragas hidráulicas
- Dragas combinadas

Tabla N° 2.1: Clasificación de las dragas

Clase	Tipo	Método de transporte	Método de vertido
Dragas Mecánicas	Rosario de cangilones	Gánguil	Descarga de fondo, Bivalva o elevador
	De cucharas de almejas	Gánguil	Descarga de fondo, Bivalva o elevador
	Tipo retroexcavadora	Gánguil	Descarga de fondo, Bivalva o elevador
	Tipo pala (Dipper)	Gánguil	Descarga de fondo, Bivalva o elevador
Dragas Hidráulicas	Dupstpan	Tubería o gánguil	Tubería, Descarga de fondo, Bivalva o elevador
	De succión simple	Tubería o gánguil	Tubería, Descarga de fondo, Bivalva o elevador
	De succión por arrastre	Tubería o gánguil	Tubería, Descarga de fondo, Bivalva o elevador

Dragas Combinadas	Draga de succión con cortador	Tubería o gánguil	Tubería, Descarga de fondo, Bivalva o elevador
	Draga de succión con cortador vertical	Tubería o gánguil	Tubería, Descarga de fondo, Bivalva o elevador
Otras Dragas	Rastra de fondo (Bed leveller)	Propia cántara	Descarga de fondo, Bivalva o elevador
	Arado (Plough)	Propia cántara	Descarga de fondo, Bivalva o elevador

Fuente: Instituto Politécnico Nacional - Dragado en puertos marítimos – Tesis – México 2008

Nota: A continuación se pasa a describir la draga hidráulica de succión por arrastre, la cual fue elegida bajo criterios que se detallan en el Anexo A y que se usará para el proyecto del presente informe.

A) Dragas hidráulicas de succión por arrastre

Las dragas hidráulicas de succión por arrastre (TSHD) son barcos autopropulsados que tienen cántaras en las que se coloca el material dragado. El dragado se efectúa mediante tubos de succión ubicados a los costados de la draga que se bajan hasta ponerlos en contacto con el fondo. El dragado se efectúa con la draga navegando a bajas velocidades. La succión de la mezcla de agua y sedimento se efectúa mediante bombas centrífugas que pueden estar ubicadas en la bodega del buque o en el tubo de succión para aumentar la profundidad de dragado.

El cabezal de dragado que está en contacto con el fondo tiene un diseño muy elaborado. A los efectos de aumentar la capacidad de disgregar el material de fondo, al cabezal de dragado se le pueden adicionar dientes o chorros de agua de baja o alta presión. [2]

Todas estas operaciones las realiza la draga de succión mientras se desplaza con el movimiento de un barco normal. El barco permite la navegación marítima y fluvial. La mayoría de las dragas de succión por arrastre tienen propulsión mediante dos hélices y una hélice de proa potente, lo que les da una gran maniobrabilidad.

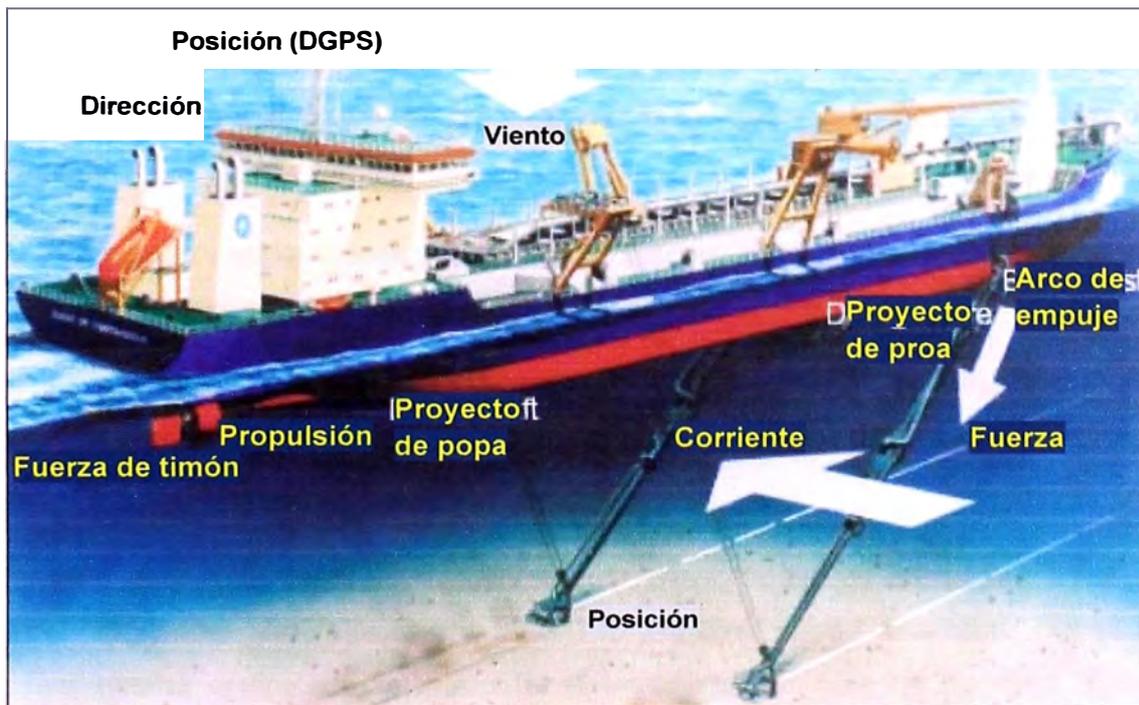
El diseño y construcción de una draga de succión por arrastre ha sido siempre un evento muy particular en el que todos los parámetros convencionales del

diseño de buques se consideran de manera diferente a como se consideran en el diseño de buques convencionales.

Comparado con un buque mercante la draga de succión por arrastre es un buque muy costoso para su tamaño. Uno de los parámetros convencionales del diseño más especiales es el hecho que el buque tiene que navegar descargado (vacío o en lastre) el 50 % del tiempo.

Hay que tener en cuenta asimismo que en muchas ocasiones, ya sea para dragar el material o para descargarlo, la draga de succión por arrastre tiene que navegar en aguas de poca profundidad. Por ello, a pesar de que el tamaño de las dragas está aumentando en forma considerable se busca de mantener el calado en valores mínimos posibles de acuerdo a las reglas de la ingeniería naval. La Figura N° 2.1 muestra los elementos principales de una draga de succión en marcha.

Figura N° 2.1: Esquema de una draga de succión en marcha



Fuente: [11]

2.3 EL PROCESO DE DRAGADO Y SUS OPERACIONES

El proceso de dragado comprende tres fases diferenciadas, que originarán diversos métodos según se efectúe:

1. La extracción del material desde el fondo hasta la superficie, por medio de una máquina especial: la draga.
2. El transporte del material extraído, desde la zona de dragado a la zona de descarga.
3. La descarga del material transportado al lugar asignado.

2.3. 1 Extracción de material del fondo a la superficie

La extracción de materiales comprende las operaciones de arranque del mismo y su elevación desde el fondo hasta el elemento de transporte.

El arranque del material se realiza hidráulicamente mediante arrastre por agua que es succionada.

De la misma manera, la elevación del material desde el fondo a la superficie se realiza hidráulicamente, mediante el empleo de bombas centrífugas.

2.3. 2 Transporte del material extraído

La segunda operación ligada al trabajo de dragado es el transporte del material desde el área de dragado al área de depósito, puede realizarse de diversas maneras:

- Primero, en la misma draga que se auto-carga con el material que extrae y lo transporta a la zona de depósito.
- Segundo, el material lo pueden transportar otras embarcaciones, los gánguiles, que reciben los materiales de la draga y lo llevan al área de vertido.
- Tercero, también el material puede transportarse a través de tuberías impulsado en mezcla con agua. El impulso puede realizarse desde la misma draga o con ayuda de estaciones auxiliares de bombeo. Estas tuberías pueden estar tendidas en el mar, ya sea instaladas en el fondo o en superficie mediante flotantes, y pueden estar tendidas en tierra.
- Utilizando fuerzas naturales como las corrientes de marea o litorales y las olas.

- Por último, en aplicaciones muy específicas, el transporte se realiza por medio de cintas transportadoras.

2.3. 3 Descarga de material transportado

La última operación en un dragado es la descarga del material desde el medio de transporte al área de vertido, el material puede ser descargado en el mar o en la tierra firme. Esta descarga puede realizarse: [3]

A) Conexión a tierra mediante tuberías

Cuando se quiere verter el material en la costa, se pone el material almacenado en suspensión a través de una bomba, y se impulsa hacia tierra a través de una tubería, como se hace por ejemplo en el caso de regeneraciones de playas.

La descarga a tierra se efectúa amarrando la draga a un punto de conexión con tuberías que llevan el material hasta la zona de deposición final. En este caso se aspira agua mediante los tubos de succión, se mezcla el agua con el material de la cántara y se forma una mezcla adecuada para ser bombeado a través de las tuberías.

El procedimiento de descarga a tierra es mucho más lento que la descarga por apertura de compuertas de fondo.

Las tuberías pueden ser flotantes o sumergidas. Las tuberías sumergidas suelen ser de acero y tienen diversas ramificaciones que permiten realizar el vertido en puntos diferentes consiguiendo así una mejor distribución del material.

Las tuberías flotantes deben ser suficientemente resistentes y flexibles para poder resistir tanto las presiones internas como las del oleaje. Sea cual sea el tipo de tubería utilizado, siempre que la descarga se realice por bombeo, la draga ha de ir equipada de otra bomba adicional que permita introducir agua en la cántara para formar pulpa y facilitar su vertido. En la Figura N° 2.2 se muestra sistema de tubería flotante.

Figura N° 2.2: Dragas descargando el material a través de una tubería flotante



Fuente: [11]

B) Chorro de proa

Las dragas por la proa tiene la posibilidad de alargar un chorro hacia la zona que se pretende rellenar. Mediante el sistema de bombas de la draga se inyecta agua en la cántara para fluidificar el material y se lo envía para descargar por el chorro de proa.

La pulpa no suele alcanzar más de 100 m. de distancia. Este método se utiliza cuando se quiere restaurar el terreno de detrás de un dique o cuando la draga se puede acercar suficientemente a la zona de vertido y verter directamente el material. La Figura N° 2.3 muestra caso de draga de succión en marcha que descarga el material por bombeo con el modelo “chorro de proa”.

Figura N° 2.3: Dragas de succión vertiendo el material mediante impulsión con el sistema “chorro de proa”



Fuente: [11]

C) Compuertas de pre-descarga

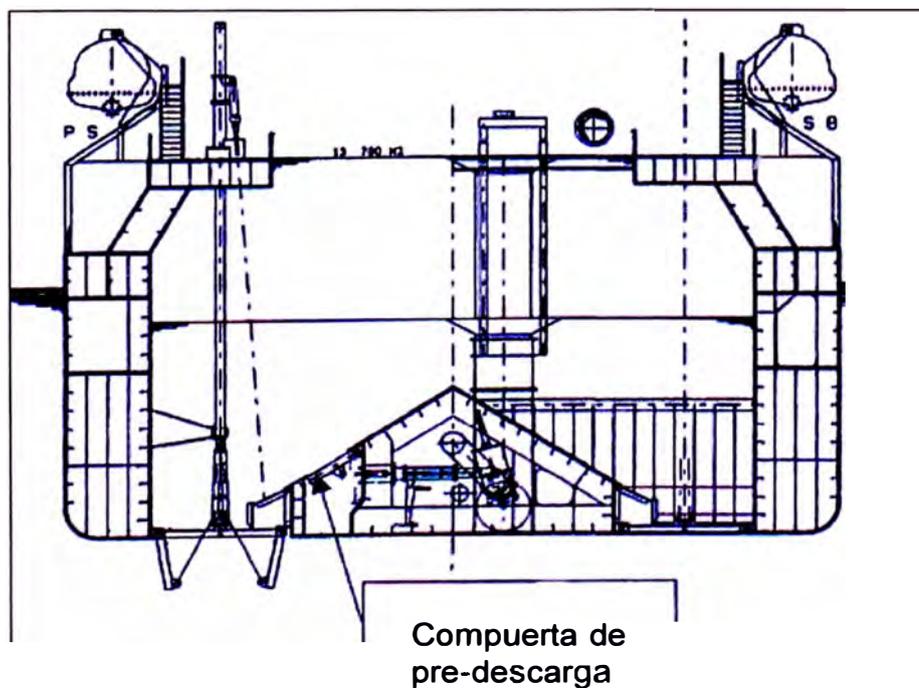
Este desarrollo es muy reciente. La draga tiene además de las compuertas convencionales para descarga, compuertas adicionales ubicadas más arriba en la cántara. De esta manera las compuertas pueden abrirse aunque la draga este tocando el fondo.

La operación se realiza de la siguiente manera. La draga va al sitio de descarga y aunque este prácticamente varada puede abrir estas compuertas de pre-descarga. Cuando la descarga parcial del material de la cántara permite recuperar flotación suficiente se abren las compuertas convencionales.

El vertido por fondo no puede realizarse en condiciones someras si la apertura de la cántara es por compuerta, puesto que se requiere un calado adicional de seguridad. Así, suponiendo un calado mínimo de 5 m. para la draga en plena carga, se requiere una profundidad adicional de 1.5 a 2 m. para la apertura de las compuertas.

En la Figura N° 2.4 se muestra ubicación de las compuertas de pre-descarga.

Figura N° 2.4: Ubicación de las compuertas de pre-descarga



Fuente: Instituto Politécnico Nacional - Dragado en puertos marítimos – Tesis – México 2008

CAPÍTULO III: INFORMACIÓN BÁSICA Y CÁLCULO DEL COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRAGADO

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Los costos de operación y mantenimiento de la draga considerado en el presente informe, comprenden todos los costos que demandan operar y mantener cada uno de los componentes del tren de dragado en un período dado de tiempo, referidos específicamente a horas netas de operación en función a los tiempos que demanda la preparación del equipo, adecuación del plan operacional de dragado, períodos de mantenimiento preventivo y demanda de volúmenes previstos a dragar.

Por lo tanto, los costos de operación y mantenimiento del sistema han sido clasificados en los siguientes:

- Costo de operación y mantenimiento del tren de dragado propiamente dicha.
- Costo de la organización o soporte en tierra.

Normalmente, en las estructuras de costos de una organización industrial o de servicios, el costo de mantenimiento forma parte del costo de operación; sin embargo, en el presente informe se ha considerado conveniente analizarlos por separado para una mejor presentación y diferenciación.

En tal sentido, la estructura de costos de operación estará conformada por los siguientes costos:

- Costo de combustible
- Costo de personal
- Costo de seguros
- Otros (transporte de personal, gastos de oficina, imprevistos, etc.)

Mientras que la estructura de costos de mantenimiento estará compuesto por los siguientes:

- Costo del mantenimiento preventivo
- Costo del mantenimiento correctivo

3.2 PERÍODO DE OPERACIÓN NETA

El principal factor a considerar para el análisis o cálculo de los costos de operación y mantenimiento es el período de tiempo previsto para la operación de la draga; esto es, las horas netas de operación al año.

De acuerdo a prácticas normales en el servicio de dragado y considerando la zona de trabajo, los costos analizados en el presente informe son representativos para un período total aproximado de 5936 horas al año, de acuerdo a la siguiente distribución:

16 horas por día.
7 días por semana.
53 semanas por año.

Sin embargo, considerando los tiempos que serán absorbidos de este total, tales como los períodos de preparación el equipo para cada plan operativo, períodos de mantenimiento preventivo y correctivo, adecuación de equipo de dragado para las faenas o planes de dragado, condiciones ambientales y otros, los cuales determinan promedios estándar del *Factor de Disponibilidad Operativa* (FDO) de los equipos respecto del período total operativo en horas, en el presente estudio se han considerado los siguientes factores operativos:

- TREN DE DRAGADO

Factor de disponibilidad operativa:	70%
Horas netas de operación:	4155 horas/año

3.3 DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LOS COSTOS

3.3.1 Costo de combustible

Corresponde al costo del combustible (petróleo) para los siguientes motores diesel:

- (01) motor de la bomba de dragado (Pt)
- (01) motor de la bomba de jet (Jt)
- (01) motor de propulsión (S)

Parámetros de cálculo:

La potencia en HP de cada motor del tren de dragado se detalla en el Anexo B. En la Tabla N° 3.1 se muestran los parámetros a considerar para el cálculo del costo de combustible, en cada caso son:

Tabla N° 3.1: Parámetros de cálculo de combustible

PARÁMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
Consumo promedio de combustible	0.032	Gln/HP-hr
Costo	3.60	\$/gln
Tiempo neto de operación	4155	Horas
Potencia del motor: bomba de dragado	1368	HP
bomba de jet	915	
propulsión de draga	4640	

Elaboración propia en 2011

Cálculo del costo:

El cálculo del costo de combustible se determinará mediante el producto del consumo de combustible en galones (consumo promedio x potencia x horas de operación neta) y por el costo del galón del combustible, como se muestra en la Tabla N° 3.2:

Tabla N° 3.2: Costo de combustible

MOTOR	POTENCIA HP	CONSUMO Gln	COSTO \$
Bomba de dragado	1,368.00	181,889.28	654,801.41
Bomba de jet	915.00	121,658.40	437,970.24
Propulsión de draga	4,640.00	616,934.40	2,220,963.84
TOTAL ANUAL - DRAGA			3,313,735.49

Elaboración propia en 2011

- **Costo de combustible – Draga: \$ 3'313,735.49**

3.3. 2 Costo de personal

Comprende la planilla del personal del equipo de dragado compuesto por los tripulantes de la draga y personal de la organización del soporte de tierra, que incluye sueldos, beneficios sociales, vacaciones, gratificaciones, seguros, CTS, etc.

La planilla completa del equipo de dragado estará conformada por 2 cuadrillas, cada cuadrilla trabajará un turno:

- (01) Maestro dragador.
- (01) Técnico mecánico, Jefe de máquinas de draga.
- (01) Técnico electricista de draga.
- (02) Ayudantes de dragado o marineros de draga.

Los sueldos promedios básicos, de acuerdo al mercado actual más el factor de beneficios sociales equivale a 40% aproximadamente, se muestran en la Tabla N° 3.3:

Tabla N° 3.3: Costo de personal del equipo de dragado

CARGO	SUELDO BÁSICO \$	BB.SS.+40% \$	N° DE CUADRILLAS	TOTAL PLANILLA \$
Maestro dragador	1,500.00	600.00	2	4,200.00
Jefe de máquinas - draga	1,250.00	500.00	2	3,500.00
Electricista - draga	1,000.00	400.00	2	2,800.00
Ayudantes dragado (2 x 500.00)	1,000.00	400.00	2	2,800.00
TOTAL MENSUAL - DRAGA				13,300.00

Elaboración propia en 2011

- **Personal draga anual: 13,300 x 12 = \$ 159,600.00**

La planilla del personal de la organización de soporte en tierra trabajarán a doble turno y estará conformado por una cuadrilla de:

- (01) Jefe de dragado (dirección y planeamiento).
- (01) Asistente (control de producción y sondajes).
- (01) Auxiliar.

La planilla mensual con el sueldo promedio básico y los beneficios sociales de ley se muestran en la Tabla N° 3.4:

Tabla N° 3.4: Costo de personal administrativo

CARGO	SUELDO BÁSICO \$	BB.SS.+40% \$	N° DE TURNOS	TOTAL PLANILLA \$
Jefe de dragado	1,800.00	720.00	2	5,040.00
Asistente técnico	1,000.00	400.00	2	2,800.00
Auxiliar	300.00	120.00	2	840.00
TOTAL MENSUAL				8,680.00

Elaboración propia en 2011

- **Personal administrativo anual:** $8,680 \times 12 = \$ 104,160.00$

3.3. 3 Costo de seguros

Comprende los costos por pólizas de seguro de los bienes y costo de la póliza de seguro complementario por trabajo de riesgo (SCTR) para el personal embarcado.

- **Costo Anual estimado – Draga:** $\$ 50,000.00$

3.3. 4 Otros

Transporte de personal, gastos de oficina, imprevistos, etc.

- **Costo anual estimado – Draga:** $\$ 15,000.00$

3.3. 5 Costo de Mantenimiento Preventivo

El costo de Mantenimiento Preventivo (MP) en general, está conformado por el costo de la mano de obra de ejecución y el costo de repuestos y materiales que se utilizan en cada servicio.

Los períodos de ejecución están definidos en los manuales técnicos de los fabricantes de los equipos, esto es por lo general, para motores, cajas de transmisión o reductores y sistemas hidráulicos, con la siguiente frecuencia:

- Diario.
- Cada 125, 250, 500, 1000 y 2000 horas de operación.

Los servicios de mantenimiento preventivo para los equipos componentes de la instalación de dragado, tales como la bomba de dragado, cortador, elinda, winches, tuberías, rótulas y flotadores; así como para los equipos auxiliares tales como el sistema eléctrico, bombas de servicio, sistema de contra-incendio, estructura, sistema de maniobra y equipamiento auxiliar menor, se realizan por períodos de tiempo natural; esto es:

Diario.

Semanal, mensual, trimestral y anual.

Los servicios de mantenimiento correctivo o reactivo no tienen programación ni períodos ni frecuencias, puesto que estas son contingencias derivadas en muchos casos por defectos de operación, fatiga de materiales, casos fortuitos e imprevistos o desgaste prematuro no detectado o diagnosticado oportunamente. Sin embargo sus costos son previsible mediante un factor porcentual del costo total de mantenimiento preventivo, obtenido estadísticamente en función del tipo de equipo y servicio. Para el caso de instalaciones y equipos de dragado, es práctica aceptada la siguiente distribución de costos de cada tipo de mantenimiento respecto del costo general de mantenimiento:

Mantenimiento Preventivo:	50 – 60%
Mantenimiento Correctivo:	40 – 50%

Los repuestos y materiales que generalmente se utilizan en los servicios de mantenimiento preventivo, comprenden los siguientes:

- Filtros.
- Lubricantes.
- Aceite hidráulico.
- Sellos y empaquetaduras.
- Disolventes.
- Soldadura plástica.
- Pinturas.
- Material consumible.

Mientras que las actividades del mantenimiento preventivo se circunscriben básicamente a las siguientes:

- Limpieza,
- Lubricación e
- Inspección.

A) Costo de mano de obra de ejecución

Parámetros de cálculo de la mano de obra:

Los parámetros de cálculo para determinar el costo de la mano de obra de mantenimiento son los que se indican en la Tabla N° 3.5:

Tabla N° 3.5: Parámetros de costo de mano de obra en MP

PARÁMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
Costo de la Hora-hombre de mantenimiento	25	\$/H-h
Número de veces de cada servicio MP en los tiempo netos de operación	Ver Tabla N° 3. 6	
Tiempo neto de operación de draga	4155	Horas

Elaboración propia en 2011

Los períodos o frecuencia de los servicios de MP son: 125, 250, 500, 1000 y 2000 horas. Dado que los costos que se consignan en el presente estudio son estimados, para casos prácticos y por la cercanía de cantidades múltiplos de los períodos netos de operación anual, se adoptará los siguientes:

- Draga: 4155 horas de operación

Por tanto, la siguiente Tabla N° 3.6 muestra el número de veces de ejecución de cada período de MP durante el tiempo de operación anual:

Tabla N° 3.6: Parámetros de costo de mano de obra en MP

SERVICIO DE MP	DRAGA EN 4155 HRS. Número de veces
Cada 125 horas	34
Cada 250 horas	17
Cada 500 horas	9
Cada 1000 horas	5
Cada 2000 horas	3

Elaboración propia en 2011

Cálculo del costo de mano de obra:

En la Tabla N° 3.7 se muestra los costos de mano de obra de mantenimiento preventivo en función de los parámetros antes establecidos:

Tabla N° 3.7: Costo de mano de obra en MP

PERÍODO MP	VECES AL AÑO	HORAS-hombre estimadas	COSTO ANUAL \$
Cada 125 horas	34	10	8,500.00
Cada 250 horas	17	24	10,200.00
Cada 500 horas	9	60	13,500.00
Cada 1000 horas	5	90	11,250.00
Cada 2000 horas	3	120	9,000.00

Elaboración propia en 2011

Costos de repuestos y materiales

Los repuestos y materiales que se utilizan en el mantenimiento preventivo se distribuyen dependiendo de tipo de servicio (frecuencia), recomendaciones del fabricante, condiciones de operación y condiciones ambientales, estos son los siguientes:

- Filtros (aire, aceites, combustibles, agua).
- Aceites lubricantes para motores y equipos.
- Aceite hidráulico.
- Grasas lubricantes.
- Sellos y empaquetaduras.
- Disolventes.
- Soldadura plástica.
- Pinturas.
- Material consumible: telas, lija, siliconas, etc.

Parámetros para el cálculo del costo:

Los parámetros que intervienen en el cálculo del costo de repuestos y materiales son:

- Cantidad del repuesto o material.
- Precio unitario del repuesto o material.
- Tipo de mantenimiento (frecuencia).
- Número de veces de intervención al año por tipo de mantenimiento.

En los siguientes cuadros se muestran los costos de los parámetros de cálculo por cada tipo de servicio en función de los repuestos y materiales que intervienen en el mantenimiento preventivo.

FILTROS

(Motor, caja de transmisión, sistema hidráulico)

La Tabla N° 3.8 muestra el costo de filtro en función del tipo de mantenimiento a la draga:

Tabla N° 3.8: Costo de filtro

REPUESTOS	Cant.	Precio \$	TIPO DE MANTENIMIENTO				
			125	250	500	1000	2000
F. primario - aire	2	120		240	240	240	240
F. secundario - aire	2	150			300	300	300
F. primario comb.	2	64		128	128	128	128
F. secundario comb.	2	78			156	156	156
F. de agua	1	56		56	56	56	56
F. de aceite	1	60		60	60	60	60
F. caja transmisión	2	180			360	360	360
F. hidráulico	6	45				270	270
TOTAL COSTOS FILTROS			\$ -	\$ 484	\$ 1,300	\$ 1,570	\$ 1,570

Elaboración propia en 2011

COSTO FILTROS

La Tabla N° 3.9 muestra el costo de filtro anual en función del tipo de mantenimiento a la draga:

Tabla N° 3.9: Costo de filtro anual

TIPO DE MANTENIMIENTO	VECES AL AÑO	COSTO POR SERVICIO \$	COSTO TOTAL \$
Cada 125 horas	34	-	-
Cada 250 horas	17	484	8,228.00
Cada 500 horas	9	1,300	11,700.00
Cada 1000 horas	5	1,570	7,850.00
Cada 2000 horas	3	1,570	4,710.00

Elaboración propia en 2011

LUBRICANTES

(Motor, caja de transmisión, sistema hidráulico)

La Tabla N° 3.10 muestra el costo de lubricante en función del tipo de mantenimiento a la draga:

Tabla N° 3.10: Costo de lubricante

REPUESTO	Cant. Gln/Kg	Precio \$	TIPO DE MANTENIMIENTO				
			125	250	500	1000	2000
Aceite motor	50	14		700	700	700	700
Aceite caja transmisión	38	22			836	836	836
Aceite hidráulico (TK)	100	12					1200
Aceite hidráulico (cir.)	60	12					720
Refrigerante motor	60	16					960
Aceite otros equipos	20	14					280
Grasa EP	20	10	200	200	200	200	200
Grasa grafitada	15	18	270	270	270	270	270
TOTAL COSTOS LUBRICANTES			\$ 470	\$ 1,170	\$ 2,006	\$ 2,006	\$ 5,166

Elaboración propia en 2011

COSTO LUBRICANTES

La Tabla N° 3.11 muestra el costo de lubricante anual en función del tipo de mantenimiento a la draga:

Tabla N° 3.11: Costo de lubricante anual

TIPO DE MANTENIMIENTO	VECES AL AÑO	COSTO POR SERVICIO \$	COSTO TOTAL \$
Cada 125 horas	34	520	17,680.00
Cada 250 horas	17	1,220	20,740.00
Cada 500 horas	9	2,056	18,504.00
Cada 1000 horas	5	2,056	10,280.00
Cada 2000 horas	3	5,216	15,648.00

Elaboración propia en 2011

REPUESTOS Y MATERIALES (Equipo de dragado)

El costo de materiales de repuestos y mantenimientos para equipo de dragado, caso y estructura, considera como costo mensual estimado y prorrateado respecto de los 12 meses del año, como se muestra en la Tabla N° 3.12:

Tabla N° 3.12: Costo de repuestos y materiales del equipo de dragado

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario \$	Costo mensual \$
Pintura + disolvente	Gln	6	35.00	210
Empaquetadura	m	10	16.00	160
Pernería	Und	50	4.00	200
Selladores	Und	6	15.00	90
Sodadura	Kg	20	4.00	80
Bocinas de poleas	Und	4	28.00	112
Pines de polea	Und	4	25.00	100
Graseras	Und	50	1.00	50
Trapo	Kg	50	2.00	100
TOTAL MENSUAL				1,102.00

Elaboración propia en 2011

- **Costo anual:** $1,102 \times 12 = \$ 13,224.00$

REPUESTOS Y MATERIALES (Equipo auxiliar y de maniobra)

El costo de materiales de repuestos y mantenimientos para equipo auxiliar tales como sistema eléctrico, bombas de servicio, estructura, maniobra, contra-incendio, instrumentación, etc., de manera similar se considera como costo mensual estimado y prorrateado respecto de los 12 meses del año, como se muestra en la Tabla N° 3.13:

Tabla N° 3.13: Costo de repuestos y materiales de equipo auxiliar

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario \$	Costo mensual \$
Pintura + disolvente	Gln	6	35.00	210
Empaquetadura	m2	5	12.00	60
Pernería	Und	100	0.50	50
Selladores	Und	3	5.00	15
Sellos	Kg	10	10.00	100
Aislantes eléctricos	Und	10	1.00	10
Rodamiento menor	Und	10	10.00	100
Graseras	Und	20	0.50	10
Trapo	Kg	15	2.00	30
TOTAL MENSUAL				585.00

Elaboración propia en 2011

- **Costo anual:** **585 x 12 = \$ 7,020.00**

RESUMEN DE COSTOS DE MP – DRAGA

En la tabla N° 3.14 se resume el costo de MP del tren de dragado:

Tabla N° 3.14: Costo de repuestos y materiales de equipo auxiliar

DESCRIPCIÓN	COSTO ANUAL \$
Mano de obra general	13,500
Repuestos y materiales	
Filtros	11,700
Lubricantes	18,504
Rep./Mat. - Sist. De dragado	13,224
Rep./Mat. De equipos auxiliares	7,020
TOTAL ANUAL	63,948.00

Elaboración propia en 2011

Nota: Se eligió el tipo de mantenimiento cada 500 horas.

3.3. 6 Costo de mantenimiento correctivo

De acuerdo a prácticas y estándares aceptados en gestión del mantenimiento, los costos de mantenimiento correctivo se pueden proyectar con un componente porcentual del costo general del mantenimiento, eso es para el caso de sistemas e instalaciones de dragado, equivalente a 45% del costo total.

Por tanto, conocido el costo de mantenimiento preventivo de la draga, en la Tabla N° 3.15 queda estimado en los siguientes montos:

Tabla N° 3.15: Costos de mantenimiento

CLASE DE MANTENIMIENTO	COSTO ANUAL \$	%
Mantenimiento Preventivo - Draga	63,948.00	55
Mantenimiento Correctivo - Draga	52,321.09	45
TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO	116,269.09	100

Elaboración propia en 2011

- **COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO: US \$ 116,269.09**

3. 4 COSTOS DE OPERACIÓN

En la Tabla N° 3.16 se resume el costo de operación del tren de dragado:

Tabla N° 3.16: Costos de operación del tren de dragado

CONCEPTO	TOTAL US \$
Costo de combustible	3,313,735.49
Costo de personal	159,600.00
Costo de seguros	50,000.00
Otros	15,000.00
TOTAL ANUAL	3,538,335.49

Elaboración propia en 2011

3.5 COSTOS DE MANTENIMIENTO

En la Tabla N° 3.17 se resume el costo de mantenimiento del tren de dragado:

Tabla N° 3.17: Costos de mantenimiento del tren de dragado

CONCEPTO	TOTAL US \$
Mantenimiento Preventivo	63,948.00
Mantenimiento Correctivo	52,321.09
Otros (estimado)	10,000.00
TOTAL ANUAL	126,269.09

Elaboración propia en 2011

3.6 COSTOS TOTALES

En la Tabla N° 3.18 se muestra el costo total de operación y mantenimiento del tren de dragado por año:

Tabla N° 3.18: Costos de operación y mantenimiento del tren de dragado

CONCEPTO	TOTAL US \$
Costo de operación	3,538,335.49
Costo de mantenimiento	126,269.09
Costo de personal soporte - adm.	104,160.00
TOTAL ANUAL	3,768,764.58

Elaboración propia en 2011

El costo total estimado de operación y mantenimiento del Tren de dragado el primer año es: US \$ 3'768,764.58.

CONCLUSIONES

- El sistema de descarga por tubería tiene la ventaja de descargar en mayor eficiencia el material dragado a la zona de tierra para regenerar de esta manera la zona de playa; pero su desventaja es que su tiempo de ejecución de descarga es mayor comparado al sistema de descarga por compuertas de fondo y descarga por chorro de proa.
- La draga THSD tiene la estructura necesaria para acoplar la tubería flotante para su transporte y descarga de sedimento, además este tipo de draga con un cabezal tipo Fruhling/IHC es adecuado para el tipo de suelo marino existente en el puerto, arena-fango (CL); también es idónea por su gran movilidad para evitar interrumpir las operaciones portuarias debido a que la zona de maniobras no es muy extensa.
- Gran porcentaje del costo de operación y mantenimiento del tren de dragado es por el consumo de combustible, esto se debe al funcionamiento de los 3 motores, además que el motor de propulsión de la draga es de muy alta potencia.
- Se eligió el tipo de mantenimiento preventivo de cada 500 horas para el tren de dragado, el cual se estimó que sería el adecuado porque serían 9 revisiones al año.
- Considerando los tiempos que serán absorbidos en los períodos de preparación el equipo para cada plan operativo, períodos de mantenimiento preventivo y correctivo, adecuación de equipo de dragado para las faenas o planes de dragado, condiciones ambientales y otros, se aplica un *Factor de Disponibilidad Operativa (FDO)* de los equipos al tiempo bruto de operación, el cual es 70% del tiempo total, obteniendo así el tiempo neto de operación de la draga.
- De acuerdo a prácticas y estándares aceptados en gestión del mantenimiento, los costos de mantenimiento correctivo se pueden proyectar con un componente porcentual del costo general del

mantenimiento, eso es para el caso de sistemas e instalaciones de dragado, equivalente a 45% del costo total.

- En caso que se presenten serios problemas de sedimentación mayores a lo previsto, la draga podría trabajar más tiempo de lo programado, ya que para este proyecto de dragado del TPS solo se está considerando 16 horas diarias durante 7 días a la semana en 53 semanas del año.
- El costo de operación resulta ser mucho mayor que el costo de mantenimiento y el costo de personal soporte administrativo del tren de dragado, haciendo una comparación de costos se verifica lo siguiente:
US \$ 3'538,335.49 (CO) > US \$ 126,269.09 (CM) > US \$ 104,160.00 (CPSA); equivalente a los siguientes porcentajes respectivamente 93.89% (CO) > 3.35% (CM) > 2.76% (CPSA).

RECOMENDACIONES

- El costo total de combustible debe también considerar un adicional aproximado de 3 a 5% por efectos de evaporación.
- En el motor de propulsión de la draga se recomienda usar uno de menor potencia y que se aproxime más a lo requerido por las especificaciones técnicas de la draga.
- Podría usarse una lancha como unidad de apoyo únicamente para las faenas y maniobras de dragado cuando resulte difícil realizar las maniobras de dragado por fuertes oleajes, esta lancha no tendría una operación permanente ni continua.
- El suministro de la draga por la empresa constructora obligatoriamente debe incluir un programa de entrenamiento de personal operativo, tanto capacitación teórica como capacitación práctica en la obra misma.
- Para retener la erosión en la costa norte del molo retenedor en el TPS no se recomienda la ejecución de una serie de espigones en paralelo, pues con esta acción detendrían la erosión de dicha zona y además regenerarían la zona playera, pero a la vez esta solución a la zona erosionada generaría nuevos problemas más al norte costero, es decir el problema no se solucionaría, simplemente se trasladaría más al norte.
- El tiempo total de operación de la draga es de 16 horas, por lo que se recomienda que el equipo de dragado compuesto por los tripulantes de la draga este conformado por 2 cuadrillas, de esta manera cada cuadrilla trabajará un turno de 8 horas diarias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: “**Tema 1: Consideraciones Generales**” Febrero 2009. [En línea]
<http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA_Tema%201_Generalidades.pdf>
- [2]: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: “**Tema 5: Elección del equipo de dragado**” Julio 2007. [En línea]
<http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA_Tema%205_Eleccion%20del%20equipo%20de%20dragado.pdf>
- [3]: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: “**Tema 9: Draga de succión por arrastre**”. Abril 2009 [En línea]
<http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA_Tema%209_TSHD.pdf>
- [4]: Instituto Politécnico Nacional – “**Dragado en Puertos Marítimos**”. Tesis – México 2008 [En línea]
<<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/173/1/Dragado%20en%20Puertos%20Maritimos.pdf>>
- [5]: Laboratorio Nacional de Hidráulica: “**Estudio en modelo hidráulico del arenamiento del puerto de Salaverry**”, Informe técnico, Lima- Perú 1981.
- [6]: Maldonado Contreras, Hugo: “**Determinación del Impacto Erosivo en el litoral por la construcción del Puerto de Salaverry y el Molo Retenedor de Arena, desarrollando un estudio de erosión**”, Tesis Maestría de la Facultad de Ingeniería Ambiental - UNI, Lima - Perú 2009.
- [7]: Mapa de Trujillo. [En línea]
<<http://www.hellotrujillo.com/ubicacion.htm>>

- [8]: OZONO TV Canal 41–Ozono Television’s Channel: **“Retraso en la concesión del puerto de Trujillo–04 de Enero 2009”**. [En línea]
<http://www.youtube.com/watch?v=WR3_8P4h1pw>
- [9]: OZONO TV Canal 41 – Ozono Television’s Channel: **“La erosión costera y su repercusión en el equilibrio ambiental – 07 de Abril 2007”**. [En línea]
<<http://www.youtube.com/user/OzonoTelevision#p/search/0/qlwrlqG05y0>>
- [10]: OZONO TV Canal 41 – Ozono Television’s Channel: **“Se espera recuperar suelo seco en la playa de Buenos Aires en Trujillo – 03 de Marzo 2010”**.
[En línea]
<<http://www.youtube.com/user/OzonoTelevision#p/search/6/NO-KYqu-lnM>>
- [11]: UPC – Técnicas de Dragado – Operaciones de Dragado. Lima-Perú 2008.
[En línea]
<<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5971/5/04.pdf>>

RESUMEN DE REFERENCIAS VIRTUALES

- http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA_Tema%201_Generalidades.pdf
- http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA_Tema%205_Eleccion%20del%20equipo%20de%20dragado.pdf
- http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA_Tema%209_TSHD.pdf
- <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/173/1/Dragado%20en%20Puertos%20Maritimos.pdf>
- <http://www.hellotrujillo.com/ubicacion.htm>
- http://www.youtube.com/watch?v=WR3_8P4h1pw
- <http://www.youtube.com/user/OzonoTelevision#p/search/0/qlwrlqG05y0>
- <http://www.youtube.com/user/OzonoTelevision#p/search/6/NO-KYqu-InM>
- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5971/5/04.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: ELECCIÓN DEL TIPO DE DRAGA A USAR EN EL TPS

1. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN

1.1. Vida útil de la draga

Para poder definir el horizonte de evaluación se suele vincular con la vida útil de los principales activos físicos involucrados en los proyectos alternativos ya planteados, pero siendo difícil establecer la vida útil de dichos componentes se suele trabajar con horizontes de evaluación menores a la vida útil de tales componentes; en nuestro caso tenemos que el limitante que definirá el horizonte de evaluación estará dado por la de vida útil de la draga a adquirir.

En la Tabla N° 1 se muestra la vida útil en función del equipo de dragado a utilizar, en nuestro caso se estima el horizonte de evaluación del proyecto con la adquisición de una draga pequeña: Trailing Suction Hopper Dredgers - TSHD, por lo que se plantea un horizonte de evaluación de 18 años siendo este menor a la vida útil del equipo.

Tabla N° 1: Vida útil según el equipo de dragado

Tipo de equipo	Período (años)
TSHD pequeña	20
TSHD mediana o grande	30
CSD pequeña	10
CSD mediana	20
CSD grande	25
Retroexcavadora	20
Draga de cucharas con cántara	25
Draga de cucharas	20
Barcaza autopropulsada	25
Barcaza no autopropulsada	25
Remolcador pequeño	10
Remolcador grande	20

Fuente: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: Tema 15

1.2. Análisis de la demanda

El análisis de la demanda a estudiar se basa en el servicio de dragado requerido en el puerto de Salaverry y en otros puertos del litoral en función del tipo de proyecto alternativo a analizar. En la Tabla N° 2 tenemos el registro de

volúmenes de dragado de material sedimentado realizado con equipo de ENAPU en el puerto de Salaverry y otros puertos a considerar.

Tabla N° 2: Volúmenes dragados con equipo de ENAPU

VOLUMENES DRAGADOS CON EQUIPOS DE ENAPU
PERIODO 1990 - 2007
(Vol. en M3)

AÑO	B/D MARINERO RIVAS			D GRUMIETE ARCINIEGA				B/D MAR LANDA		
	CALLAO	SALAVERRY	CHIMBOTE	CALLAO	SALAVERRY	CHIMBOTE	PAITA	CALLAO	SALAVERRY	PAITA
1990	182,500.00	-	-	-	-	-	-	6,760.00	-	-
1991	112,031.00	472,854.00	-	-	-	-	-	23,907.00	-	-
1992	506,796.00	-	-	-	-	-	-	34,048.00	-	-
1993	325,678.00	535,684.00	-	21,162.00	-	-	-	9,452.00	25,590.00	47,154.00
1994	14,011.00	625,997.00	-	60,637.00	-	-	-	-	70,594.00	-
1995	101,326.00	737,923.00	-	36,007.00	-	-	-	-	-	-
1996	-	964,370.00	-	15,725.00	-	-	-	-	-	-
1997	46,649.00	766,834.00	-	-	-	-	28,847.00	-	-	-
1998	-	974,969.00	-	-	100,471.00	-	106,475.00	-	-	-
1999	44,264.00	1,126,100.00	-	-	196,168.00	-	-	-	-	-
2000	68,972.00	1,630,999.00	-	40,665.00	49,316.00	-	-	-	-	-
2001	-	1,761,988.00	-	40,022.00	-	-	-	-	-	-
2002	214,637.00	-	-	-	136,667.00	-	-	-	-	-
2003	-	1,322,174.00	-	-	158,397.00	-	-	-	-	-
2004	-	1,330,378.00	-	-	173,661.00	-	-	-	-	-
2005	200,300.00	468,898.00	53,496.00	73,053.00	-	94,261.00	-	-	-	-
2006	25,067.00	1,220,264.00	-	141,356.00	-	-	-	-	-	-
2007	-	1,586,941.00	-	-	154,821.00	-	-	-	-	-
Total	1,842,231.00	15,526,373.00	53,496.00	428,627.00	969,501.00	94,261.00	135,322.00	74,167.00	96,184.00	47,154.00
Total por Draga			17,422,100.00				1,627,711.00			217,505.00
Total General										19,267,316.00

Fuente: Registros de ENAPU S.A.

Para nuestra alternativa de la compra del equipo de dragado se requiere conocer el volumen de dragado anual realizado en el puerto de Salaverry y en otros puertos a los cuales se les puede ofrecer este servicio con el equipo adquirido, por lo que usando la Tabla N° 1 obtenemos:

VOLUMENES DRAGADOS POR PUERTO

	PUERTO	TOTAL PERIODO 1990 - 2007	ANUAL
i	Callao	2,345,025.00	146,564.06
ii	Salaverry	16,592,058.00	1,037,003.63

	PUERTO	TOTAL PERIODO 1990 - 2007	ANUAL
iii	Chimbote (*)	147,757.00	29,551.40
iv	Paita (*)	182,476.00	36,495.20
v	Paita (**)		150,000.00

	PUERTO	TOTAL	ANUAL
vi	Melchorita (***)	---	350,000.00

(*) Dragado eventual del puerto (cada 5 años aproximadamente).

(**) Estimación del incremento del volumen de dragado por ampliación del puerto.

(***) Dragado estimado del puerto.

∴ Volumen de dragado anual:	1,749,614.29 m³/año
------------------------------------	---------------------------------------

Este valor es la demanda de volumen de dragado anual de material sedimentado en el puerto de Salaverry y en otros puertos a los cuales se le brindará el servicio del proyecto.

i. Elección del Buque Draga

Los datos de las condiciones naturales del Terminal Portuario de Salaverry se resumen en:

- **Condición del suelo**

El suelo marino del terminal portuario de Salaverry es Arena-fango (CL). El material sedimentado tiene un D90.

- **Estado del mar y clima**

Amplitud de la marea es 1 m. Altura de oleaje promedio es 1.24 m. Viento prevaleciente máximo 56.1 nudos (noviembre) y mínimo 54.2 nudos (marzo). La precipitación máxima es de 0.9 mm. (marzo) y mínima de 0.0 mm. (junio, octubre).

- **Condiciones de sitio**

El puerto tiene una profundidad de 12 m. y un período de bravura del mar en julio-setiembre.

- **Logística**

Área de maniobras no muy amplias de aprox. 22.5 Ha., por tanto la draga debe tener alta movilidad. La profundidad del calado limita la cantidad a dragar. Punto de descarga a 1.5 Km.

- **Producción de procesamiento**

La producción de la draga debe ser aprox. 1,700,000 m³/año. La descarga se realizará con sistema de tuberías flotantes y sumergidas.

Entonces, usando estas condiciones del TPS, en la Tabla N° 3 se busca el tipo de draga en función del tipo de suelo, estado del mar, condiciones del lugar y otros aspectos a tener en consideración.



Tabla N° 3: Aspectos característicos para la elección del equipo de dragado

How to select – Table

Criterion equipment	Soil condition	Seastate and weather	Site conditions	Logistics	Production processing	Other
Cutter suction dredgers	<ul style="list-style-type: none"> Hard to soft material Cohesive material can block the cutter Max diameter limited by cutter anchor pump Rock cutting with large types 	<ul style="list-style-type: none"> Positioning cutterhead strongly influenced by waves Floating pipeline limited by waves and current Sensitive to strong current 	<ul style="list-style-type: none"> Max dredging depth ca 30m, limited by reaction forces on ladder Lwp makes pumpprocess independent from dredging depth Moderate to good selectivity and accuracy 	<ul style="list-style-type: none"> Hydraulic transport Suitable for long distances Pipeline and/or wires can hinder shiptraffic 	<ul style="list-style-type: none"> Production depending on pump and cuttercapacity, pump distance and pipe diameter, large range of possibilities 	<ul style="list-style-type: none"> Very large range of capacities available
Wheel dredger	<ul style="list-style-type: none"> Wide range of soil conditions, less suitable for hard material Well suitable for cohesive material No blockage pump by large stones 	<ul style="list-style-type: none"> Strongly influenced by waves for positioning wheel or fin spudcramer Floating pipeline limited by waves and current Sensitive to strong current 	<ul style="list-style-type: none"> Max dredging depth ca 45 m, limited by reaction forces on ladder Lwp makes pumpprocess independent from dredging depth Good selectivity and accuracy 	<ul style="list-style-type: none"> Hydraulic transport Suitable for long distances Pipeline and/or wires can hinder shiptraffic 	<ul style="list-style-type: none"> Production depending on pump and wheelcapacity, pump distance and pipe diameter With constant production rate and high concentration suitable for feeding treatment plant (mining) 	<ul style="list-style-type: none"> Large range of capacities available
Trailing suction Hopper dredger	<ul style="list-style-type: none"> Loose gravel, sand and silt easily handled Clay or cemented sand with jets or knives on draghead 	<ul style="list-style-type: none"> Very suitable to work in rough sea and currents Self-propelled 	<ul style="list-style-type: none"> Dredging depth > 70m for largest tshc Lwp makes pumpprocess independent from dredging depth Moderate selectivity and accuracy 	<ul style="list-style-type: none"> Suitable for long distances Several unloading options possible (dumping, pumping ashore) High mobility Limited by draught 	<ul style="list-style-type: none"> Production depending on pump and draghead capacity, pipe diameter and sailing distance Large capacities can be transported in hopper Overflow losses during loading 	<ul style="list-style-type: none"> Very large range of capacities available
Plain suction dredgers	<ul style="list-style-type: none"> Uncohesive sand, gravel Waterjets required for fines or very coarse material Interlayers of clay or cemented sand cause problems 	<ul style="list-style-type: none"> Suitable for moderate waves; new swell compensating system offers new possibilities Floating pipeline limited by waves and current Sensitive to strong current 	<ul style="list-style-type: none"> Max. Dredging depth ca. 50m; no cutting forces on ladder Lwp makes pumpprocess independent from dredging depth Non selective, crater-like bottom profile 	<ul style="list-style-type: none"> Hydraulic transport Suitable for long distances Pipeline and/or wires can hinder shiptraffic 	<ul style="list-style-type: none"> Production depending on pump capacity, pump distance, pipe diameter and breaching capacity soil High concentration possible in easily breaching material 	

Fuente: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: Tema 5

De la Tabla N° 3 se selecciona una draga hidráulica de succión y arrastre, el modelo elegido es **TSHD (Trailing Suction Hopper Dredger)** como se muestra en la Figura N° 1.

Figura N° 1: Draga Trailing Suction Hopper Dredger



Fuente: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: Tema 10

De la Tabla N° 4 se elige el tipo de cabezal necesario para el tipo de suelo que se va a dragar en el TPS.

Tabla N° 4: Tipo de cabezal de la draga en función del tipo de suelo

Tipo	Aplicación
Fruhling / IHC	Limos, arcillas blandas y arena suelta
Silt	Limos
California	Arenas, especialmente arenas compactas / arenas gruesas / gravas
Venturi	Arenas
Waterjet	Arenas firmes y arcillas medianas
Activo	Arcillas medianas, firmes y compactas

FUENTE: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: Tema 9

Por lo tanto, se elige el cabezal tipo Fruhling/IHC, ya que el tipo de suelo a dragar es arena-fango (CL).

ii. Capacidad de la Draga

Los trabajos de dragado con equipos de succión en marcha se pueden considerar como una serie continua de ciclos de dragados sencillos. Cada ciclo de dragado consiste en diferentes fases ejecutadas una atrás de otra como se esquematiza en la Figura N° 2.

Figura N° 2: Fases del ciclo de dragado



Fuente: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: Tema 10

Para el cálculo de la capacidad de cántara que debe tener la draga TSHD se estima los parámetros como distancia a zona de descarga, velocidad promedio de viaje, tiempo de descarga, tiempo de dragado, tiempo de demoras y volumen efectivo de la cántara.

- La distancia a la zona de descarga se tiene del Plano N°1 (Ver Anexo C) y es aproximadamente 1.5 km.
- La velocidad promedio de viaje se estima en 6.5 nudos; el tiempo de descarga por tubería típico es 60 min.; el tiempo de dragado se estima en 50 min. (se obtuvo del ejemplo de cálculo tomado de Howell en 2002).
- Los tiempos de demora se estiman en un 15% y el volumen efectivo de cántara en un 30%, este último se estimó debido a la fineza de la arena

presente en el suelo marino del Terminal Portuario de Salaverry, esta arena en promedio tiene un diámetro de 120 micras, lo que origina que sea casi imposible su decantación.

Con los datos establecidos se procede al cálculo de la capacidad de cántara de la draga necesaria para este proyecto. La demanda de material a dragar en el Terminal Portuario de Salaverry y otros puertos es de aproximadamente 1'749,614.29 m³/año.

Entonces:

CÁLCULO DEL TIEMPO DE TRANSPORTE

Distancia Descarga (km)	Velocidad (Nudos)	Tiempo de Nav. (min)	Tiempo Desc. (min)	Tiempo de Transporte (min)
1.50	6.50	14.95	60.00	74.95

CÁLCULO DEL CICLO DE TRABAJO

Tiempo de Transporte (min)	Tiempo de dragado (min)	Giros (min)	Tiempo Trabajado (min)	Tiempo Demoras 15.0% (min)	Ciclo Total (min)
74.95	50.00	10.00	134.95	20.24	155.20

CÁLCULO DE LA PRODUCCION DE LA DRAGA

Ciclo Total (min)	Volumen Cantara B/D	Volumen efectivo de B/D (30.0%)	Producción Horaria	Producción Anual
155.20	2,400.00	800.00	309.28	1,714,673.17

Por lo tanto, el volumen de cántara necesario para remover todo el sedimento en el TPS es de 2,400 m³. con un volumen efectivo de 30% debido al suelo arenoso-fangoso a remover.

En la Tabla N° 5 se muestra las características físicas, mecánicas y precios de la draga de succión por arrastre con cántara de 2,400 m³.

Tabla N° 5: Características de draga de succión por arrastre según capacidad de cántara

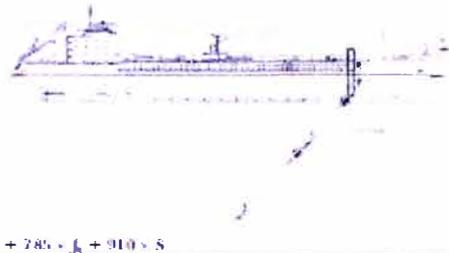
4 Cost standard tables

Group 1 Trailing suction hopper dredgers

Table 100 Trailing suction hopper dredgers

With certificate for unrestricted navigation area ^a
Unloading through bottom doors, valves or sliding doors with or without shore discharge

Service life 18 years
Service hours 168 hours per week
Residual value 10 % of V
Utilization period 33 weeks
D+i 9.617 % of V per year or 0.292 % per week
Standard value $V = 6000 \times W + 1.212.000 \times W^{0,55} - 6.161.000 + 1900 \times P_1 + 7.85 \times J_k + 910 \times S$



Hopper volume	Displacement at dredging mark ^b	Lightweight	Power dredge pumps during suction	Power jet pumps on draghead	Free sailing propulsion power	Value	Costs per week		M+R/week
							(W)	(P ₁) ^c	
m ³	t	t	kW	kW	kW	€	€	€	% of V
900	2000	635	350	220	950	10.600.000	30.952	21.917	0.2068
1500	3000	945	600	500	1550	15.300.000	44.676	30.568	0.1994
1800	4000	1260	880	760	2200	19.800.000	57.816	38.734	0.1956
2100	5200	1640	1000	660	2500	24.200.000	70.661	42.625	0.1761
2700	5800	1800	1250	660	3550	27.200.000	79.424	45.442	0.1660
3500	7600	2100	1550	760	4000	33.600.000	98.112	50.543	0.1505
4700	9900	3030	1950	800	5100	40.900.000	119.428	56.639	0.1385
6200	13.000	3925	2400	850	6150	50.400.000	146.292	64.359	0.1285
7700	16.000	4780	2600	1000	7350	58.100.000	169.632	71.072	0.1223
9100	19.000	5635	3500	1600	9100	68.200.000	200.604	79.967	0.1164
11.000	23.000	6830	4520	1600	10.800	80.400.000	234.768	89.286	0.1117
12.500	26.000	7610	5200	1600	13.000	89.800.000	262.216	97.674	0.1088
13.500	29.000	8685	5200	1800	13.000	97.200.000	285.284	104.303	0.1068
18.000	50.000	12.100	6680	2000	16.700	128.000.000	373.760	129.730	0.1014
19.000	42.000	13.730	7000	2000	17.500	141.000.000	411.720	140.639	0.0997
22.500	48.000	15.950	7200	3000	18.000	157.000.000	458.440	154.066	0.0981
24.000	60.000	18.250	9600	4000	24.000	184.000.000	537.280	176.723	0.0960
35.000	83.000	22.140	9600	4000	24.000	212.000.000	619.040	200.220	0.0944
45.000	105.000	27.000	13.000	4500	38.000	264.000.000	762.120	244.339	0.0925

- a For trailing suction hopper dredgers without a certificate for unrestricted navigation area, V should be decreased by 10 per cent. For further explanation about class, see Section A1.3.
- b Displacement on dredging mark = lightweight W + deadweight.
- c Unless dredge pumps during trailing have their own power supply that cannot be used for other applications, P₁ is defined as 40 per cent of the main engine power but not exceeding the mechanical limitation of the dredge pump drive.
- d Standard values for large TSHDs exhibit a different trend to the smaller vessels because of the inclusion of extra equipment, such as extended pipes and submerged dredge pumps.

M+R for dredgers of more than 35.000 m³ hopper volume are extrapolated on the basis of trends, due to the recent construction of these vessels there are insufficient data to base these figures on actual records.

In cases where there is a different value of V than given in the table, interpolate M+R linearly.

Fuente: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: Tema 15

iii. Sistema de Conexión de Descarga

Cuando el objeto del dragado es realizar rellenos de terrenos o de playas la descarga de la draga se efectúa mediante tuberías. Para ello se conecta una tubería flexible, flotante al dispositivo de proa preparado para ello, se vincula esta tubería flotante a otro tramo de tubería rígida normalmente sumergida y apoyada en el fondo y se bombea el material (ver Figura N° 3).

Para mayor facilidad de bombeo, el material se mezcla con agua mediante chorros en la cántara para hacerlo una mezcla fluida. La operación de anclar la draga, conectar la tubería y realizar el bombeo del material lleva más tiempo que el de descarga de fondo.

Figura N° 3: Vista panorámica del sistema de acoplamiento de la tubería de descarga a la draga



Fuente: Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Ingeniería de Dragado: Tema 10

El sistema de descarga por tubería será en parte flotante hasta la zona de rompiente y submarina en la zona de rompiente para evitar el oleaje. La longitud de la tubería y la ubicación de los extremos se obtienen en función de los cálculos de los parámetros de hidráulica marítima, para este informe se han obtenido estos parámetros de:

HUGO MALDONADO CONTRERAS

“Determinación del Impacto Erosivo en el Litoral por la Construcción del Puerto de Salaverry y el Molo Retenedor de Arena, desarrollando un Estudio de Erosión”.

Tesis de Maestría – Facultad de Ingeniería Ambiental

UNI, Lima - Perú 2009.

Por tanto de la tesis se obtiene la siguiente información:

- Altura de ola en aguas profundas (H0), altura y profundidad del rompiente (Hb y db).
- Capacidad de Transporte de Sedimentos Anual.

Tenemos los datos generales:

- T = 14.0 s
- Lo = 305.76 m
- do = 152.88 m

De la tabla de Macro distribución del Oleaje en Salaverry, obtenemos la altura de la ola en aguas y sus respectivas ocurrencias, con estos datos y las Tablas de Goda para altura y profundidad de rompiente obtenemos la Tabla N° 6:

Tabla N° 6: Parámetros para diferentes ocurrencias

Ocurrencia (%)	Ho (m)	Hb (m)	db (m)	L (m)
1.60	0.75	1.22	1.54	54.129
18.40	1.05	1.60	2.01	61.739
47.00	1.40	2.00	2.53	69.143
28.00	1.91	2.58	3.25	78.170
4.40	2.55	3.25	4.10	87.541
0.54	3.20	3.89	4.92	95.624
0.06	3.75	4.42	5.59	106.937

Elaboración propia en 2011

Se tienen los datos del coeficiente de refracción para aguas profundas, intermedias y someras:

Dirección Sur

Kr1 = 0.9367

Kr2 = 0.9048

Kr3 = 0.9974

Dirección Sur-Oeste

Kr1 = 0.9581

Kr2 = 1.0423

Kr3 = 0.9897

Con estos datos y aplicando la fórmula de Bijker se obtiene la Tabla N° 7:

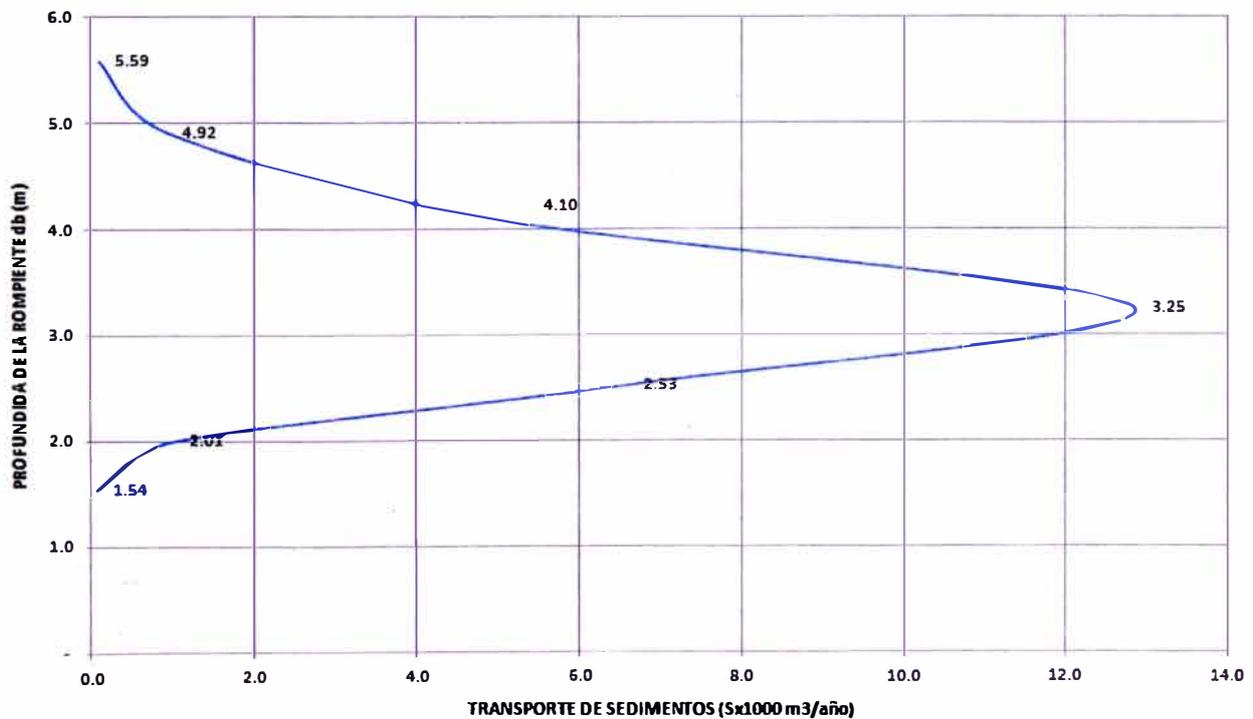
Tabla N° 7: Capacidad de Transporte de Sedimentos Anual

d_b (m)	H_b (m)	K_s	V (m/s)	S_g/S_b	Q	S_{total} $m^3/s/m$	S'_{TOTAL} m^3/s	Ocurrencia (%)	S_{TOTAL} m^3/s
1.54	1.22	1.6901977	0.342	3.00	1.64	0.00005449	0.00381437	1.60	0.00006103
2.01	1.60	1.5851446	0.528	7.00	3.83	0.00018486	0.00554573	18.40	0.00102041
2.53	2.00	1.5005676	0.762	15.00	8.20	0.00056175	0.01404383	47.00	0.00660060
3.25	2.58	1.4147428	1.131	18.00	9.84	0.00102163	0.04597340	28.00	0.01287255
4.10	3.25	1.3407969	1.629	35.00	19.13	0.00282814	0.11312541	4.40	0.00497752
4.92	3.89	1.2865191	2.167	38.00	20.77	0.00408941	0.17379995	0.54	0.00093852
5.59	4.42	1.2777161	2.667	40.00	21.86	0.00531672	0.17279341	0.06	0.00010368
TOTAL									0.02657431 m³/s
TOTAL									826,567.34 m³/año

Elaboración propia en 2011

De la Tabla N° 7 se grafica en la Figura N° 4:

Figura N° 4: Capacidad de transporte de sedimentos anual



Elaboración propia en 2011

Finalmente, del gráfico se puede concluir dos aspectos importantes:

- La zona de rompiente se extiende hasta la cota = 5.60 m.
- La profundidad a la cual se da el mayor transporte de sedimentos es en la cota = 3.25 m.

Por lo tanto, la zona donde descargará el material será en la cota 3.25 m. y a esta altura se colocará la tubería submarina. Del plano N°1 (ver Anexo C) se tiene que esta profundidad está a 170 m. de la línea costera aproximadamente.

Como la profundidad a la cual se desarrolla la zona de rompiente es 5.60 m. y está ubicada a 285 m. de la línea costera aproximadamente, se tiene que la tubería submarina deberá tener 115 m. de longitud.

Se tiene por dato de la draga de succión por arrastre, que tiene un calado de aproximadamente 5.50 m. y por seguridad siempre debe existir 2.50 m. de diferencia entre la parte inferior de la draga y el fondo marino. Por lo tanto, se deberá ubicar el acoplamiento a una profundidad de $5.50 + 2.50 = 8.00$ m. y esta se ubica a 480 m. de la línea costera aproximadamente. Por lo tanto, la tubería tendrá una longitud de 195 m. y ésta unirá el punto de acoplamiento en la boya con la transición a tubería submarina.

ANEXO B: DETERMINACIÓN DE MOTORES DEL TREN DE DRAGADO

1. DETERMINACIÓN DE MOTORES DEL TREN DE DRAGADO

De la Tabla N° 5 del Anexo A, para una draga de 2,400 m³. de cántara se toman los datos de la potencia de los 3 motores en Kw para obtener la potencia en HP y así poder determinar la cantidad de combustible a usar para su funcionamiento por cada una de ellas.

- (01) motor de la bomba de dragado (Pt) : 1,000 Kw
- (01) motor de la bomba de jet (Jt) : 660 Kw
- (01) motor de propulsión (S) : 2,500 Kw

Buscando en el catálogo de Caterpillar, se obtienen los siguientes motores para cada potencia mostrados en las Tablas N° 1, 2 y 3:

Tabla N° 1: Motor de la bomba de dragado

Potencia requerida	1,000 Kw
Nombre del motor	Marine Auxiliary Engine 3512B
Potencia encontrada	1,020 Kw 1,368 HP

Elaboración propia en 2011

Tabla N° 2: Motor de la bomba de jet

Potencia requerida	660 Kw
Nombre del motor	Marine Auxiliary Engine 3508B
Potencia encontrada	682 Kw 915 HP

Elaboración propia en 2011

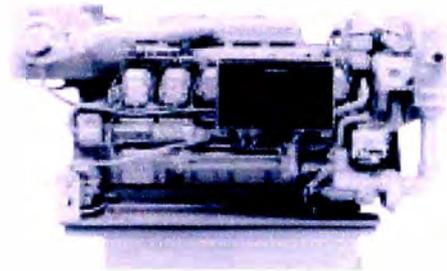
Tabla N° 3: Motor de propulsión

Potencia requerida	2,500 Kw
Nombre del motor	C280-12 MARINE PROPULSION
Potencia encontrada	3,460 Kw 4,640 HP

Elaboración propia en 2011

En las Figuras N° 1, 2 y 3 se muestran las cartillas de cada motor escogido en las Tablas N° 1, 2 y 3:

Figura N° 1: Motor de la bomba de dragado



Shown with
Accessory Equipment

STANDARD EQUIPMENT

Air Inlet System

Corrosion-resistant, separate direct water-cooler core
fan side; regular duty air cleaner, dual turbochargers,
152 mm (6 in.) ID

Cooling System

Non-self-priming centrifugal auxiliary sea water pump,
gear driven centrifugal jacket water pump, auxiliary
fresh water pump, expansion tank, oil cooler,
thermostats and housing with 92°C (198°F)

Exhaust System

Dry, gas-tight manifolds with thermo-laminated heat
shields; dual turbochargers with water-cooled bearings
and thermo-laminated heat shields, vertical exhaust
outlet, 306 mm (12 in.) round flanged outlet

Flywheel and Flywheel Housing

SAE No. 02 (1183 inch)

Fuel System

RH fuel filter with service indicator, fuel transfer
pump, Electronic Unit Injector (EUI) fuel system

Instruments

RH instrument panel with oil pressure, water
temperature, and fuel pressure gauges, system DC
voltage gauge, air inlet restriction gauge, exhaust
temperature gauges, fuel and oil filter differential
pressure gauges, service meter, tachometer,
maintenance fuel consumption, 4-position start-stop

Lube System

Top-mounted crankcase breather, RH oil filter and oil
level gauge, gear-type oil pump, deep sump oil pan

Mounting System

Engine length mounting rails, 254 mm (10 in.),
C channel

Power Take-Offs

Lower RH and LH accessory drive, two-sided front
housing

General

Vibration damper and guard, Caterpillar yellow paint,
lifting eyes

**Marine
Auxiliary
Engine** **3512B**

1020 bkW (1368 bhp) 1388 mhp @ 1500 rpm

SPECIFICATIONS

V-12, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Displacement 51.8 L (3158 cu. in.)
Bore 170 mm (6.7 in.)
Stroke 190 mm (7.5 in.)
Aspiration Turbocharged-Aftercooled
Governor Electronic
Engine Weight, Net Dry (approx.) 6532 kg (14400 lb)
Capacity for Liquids
Cooling System (engine only) 2893 L (76.4 U.S. gal)
Lube Oil System 613 L (162 U.S. gal)
Oil Change Interval 1000 hr
Caterpillar DEO 10W30 or 15W40
Rotation from Flywheel end ccw or cw

ACCESSORY EQUIPMENT

74V 60 Amp Alternator
24V Electric Pre-lube Pump
24V Electric Starting Motor
Air Inlet Over-speed Shut-off
Air Starting Motor
Auxiliary Drive Pulley and Shaft
Crankshaft Pulleys
Customer Communication Module — CCM
Ejector Water Heats
Duplex Fuel Filter
Duplex Oil Filter
Exhaust Flare, Flange, Flexible Lining
Front Enclosed Clutch
Front Sump Strain
Fuel Pumping Pump
Generator — 680 to 1360 kW, Air Filter, Bearing
Temperature Detectors, Low Voltage Extension Box,
RFI Filter, Voltage Regulator (Auto, Digital, Manual)
Heat Exchanger
Instrument Panel Extension Harness — 8M or 16M
Kool Cooling Connections
Load Sharing Module
Premium Instrument Panel
Premium Wiring Harness
Program Relay Control Module
Pyrometer and Thermocouples
Pyrometer Extension Harness — 8M or 16M
Radiator Cooling Comparison
Self-Priming Auxiliary Sea Water Pump
Shunt and Alarm Connections for Oil Pres. and Water Temp
Spare Parts Kit
Standard Sump Oil Pan
Sump Pump
Upper RH Accessory Drive
Vibration Isolators

PERFORMANCE DATA

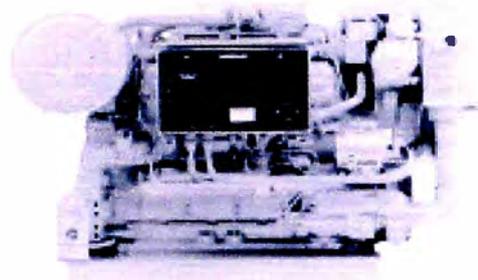
Turbocharged-Aftercooled

OM4696-06 Aftercooler Temperature 30°C (86°F)

1020 bkW (1368 bhp)			
% load	bkW	Lph	gph
100	1017	241.7	63.9
75	760	187.5	49.5
50	508	132.4	35.0
25	259	77.3	20.4

Fuente: Catálogo de motores Caterpillar

Figura N° 2: Motor de la bomba de jet



Shown with
Accessory Equipment

STANDARD EQUIPMENT

Air Inlet System

Corrosion-resistant separate circuit aftercooler case (air side), regular duty air cleaner, dual turbochargers, 152 mm (6 in.) OD

Cooling System

Non-sill priming centrifugal auxiliary sea water pump, gear driven centrifugal jacket water pump, auxiliary fresh water pump, expansion tank, oil cooler, thermostats and heating with 92°C (198°F) full open temperature

Exhaust System

Dry gas tight manifolds with thermo-laminated heat shields; dual turbochargers with water cooled bearings and thermo-laminated heat shields; vertical exhaust outlet, 203 mm (8 in.) round flanged outlet

Flywheel and Flywheel Housing

SAE No. 05-1183 (tooth)

Fuel System

RH fuel filter with service indicator, fuel transfer pump, Electronic Unit Injector (EUI) fuel system

Instruments

RH instrument panel with oil pressure, water temperature, and fuel pressure gauges; system DC voltage gauge; air inlet restriction gauge; exhaust temperature gauges; fuel and oil filter differential pressure gauges; service meter; tachometer; instantaneous fuel consumption; four-position start-stop

Lube System

Top-mounted crankcase breather, RH oil filter and oil level gauge, gear type oil pump, standard sump oil pan

Mounting System

Engine length mounting rails, 254 mm (10 in.), C-channel

Power Take-Offs

Lower RH and LH accessory drive, two-sided front housing

General

Vibration damper and guard, Caterpillar yellow paint, lifting eyes

Marine Auxiliary Engine 3508B

682 kW (915 bhp) 928 rpm @ 1200 rpm

SPECIFICATIONS

V-E, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Emissions IMO compliant
Displacement 34.5 L (2105 cu. in.)
Bore 170 mm (6.7 in.)
Stroke 180 mm (7.1 in.)
Aspiration Turbocharged-Aftercooled
Governor Electronic
Engine Weight, Net Dry (approx.) 5216 kg (11500 lb)
Capacity for Liquids
Cooling System (engine only) 285 L (75.3 U.S. gall)
Lube Oil System 223 L (59 U.S. gall)
Oil Change Interval 500 hr
Caterpillar DEO 10W30 or 15W40
Rotation (from flywheel end) cw or ccw

ACCESSORY EQUIPMENT

- 24V 60 Amp Alternator
- 24V Electric Starting Motor
- Air Inlet Diverged Shroud
- Air Starting Motor
- Auxiliary Drive Pulley and Shaft
- Crankshaft Pulleys
- Custom Communication Module (CCM)
- Crew Sump Oil Pan
- Cast Jacket Water Heater
- Duplex Fuel Filter
- Duplex Oil Filter
- Exhaust Elbow, Flange, Flexible Fitting
- Front Enclosed Chute
- Front Sash Shafts
- Governors 630 to 810 kW
Air Filter, Bearing Temperature Detector, Low Voltage Extension Box, RFI Filter, Voltage Regulator (Auto), Digital, Manual
- Heat Exchanger
- Instrument Panel Extension Harness — 8M or 16M
- Rail Cooling Connections
- LH Engine-Mounted Instrument Panel
- LH Fuel Printing Pump
- Load Sharing Module
- Premium Wiring Harness
- Program Relay Control Module
- Pyrometer and Thermocouples
- Pyrometer Extension Harness — 8M or 16M
- Radiator Cooling Connection
- Self-Priming Auxiliary Sea Water Pump
- Shutoff and Alarm Connectors for Oil Pres. and Water Temp.
- Spare Parts Kit
- Sump Pump
- Upper RH Front Accessory Drives

PERFORMANCE DATA

Turbocharged-Aftercooled

OM4550-03 Approval Temperature 30°C (86°F)

682 kW (915 bhp)			
% load	kW	lph	gph
100	634	161.2	42.6
75	476	122.5	32.4
50	320	84.2	22.2
25	166	49.7	13.1

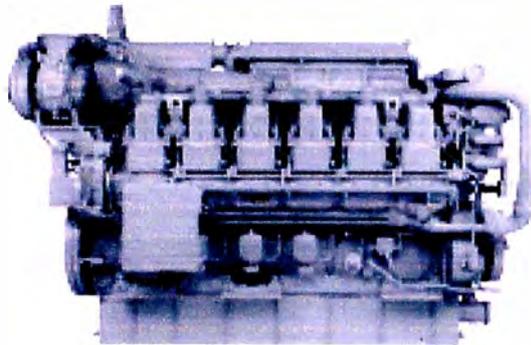
Fuente: Catálogo de motores Caterpillar

Figura N° 3: Motor de propulsión

CATERPILLAR

**C280-12
MARINE PROPULSION**

4640hp
(3400 kW)
900 rpm



Shown with
Accessory Equipment

SPECIFICATIONS

V-12, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Emissions IMO compliant
Bore — mm (in) 280 (11.0)
Stroke — mm (in) 300 (11.8)
Displacement — L (cu in) 322 (19.645)
Rotation (from flywheel end) CCW or CW
Compression Ratio 13:1
Aspiration Turbocharged Aftercooled
Low Idle Speed — rpm 350
Rated Speed — rpm 900

STANDARD EQUIPMENT

Air Intake and Exhaust System

Charge air cooler, air inlet shut-off, high flow turbocharger, dry manifold with roll or hand shielding

Basic Engine Arrangement

Vee engine with one-piece gray iron cylinder block, individual cylinder heads with four intake/exhaust valves, right- or left-hand service side available

Control System

Dual Caterpillar A3 electronic engine control unit (ECU) with electronic unit injector fuel system, rigid wiring harness (10 amp, 24 volt power required to drive ECU)

Cooling System

Single or combined system, engine-mounted freshwater and seawater pumps, engine coolant water thermostat

Fuel System

Engine operates on MDO, fuel injection system consists of engine-driven fuel transfer pump and an electronic unit injector for each cylinder, engine-mounted duplex fuel filters, and flexible connections

Lube Oil System

Top-mounted crankcase breather, three centrifugal oil filters with single shut-off, gear-driven pump, duplex oil filter, crankcase explosion relief, oil filler and dipstick

Monitoring, Alarm, and Safety Control System

Alarms and shut-downs provided as required by marine society for unmanned machinery spaces. Marine Monitoring System (in Engine Control Panel) and available systems include temperature, pressure, and speed sensors; optional oil mist detector or particle detector available

ECU Functions

Key-switch, desired engine speed, programmable low rpm, SAE J1939 data link, Cat data link, Messenger (displays engine data, diagnostics, etc.), diagnostics, general alarm, programmable permissions system, application, and maintenance, Caterpillar ET service tool interface, remote shutdown, shutdown notify, level feedback, overspeed shutdown, overspeed verify, engine power restriction, boiler pull test

General

Four lifting eyes mounted to cylinder heads, Caterpillar yellow paint, parts books and maintenance manuals, stink wrap

Optional Supplied Equipment

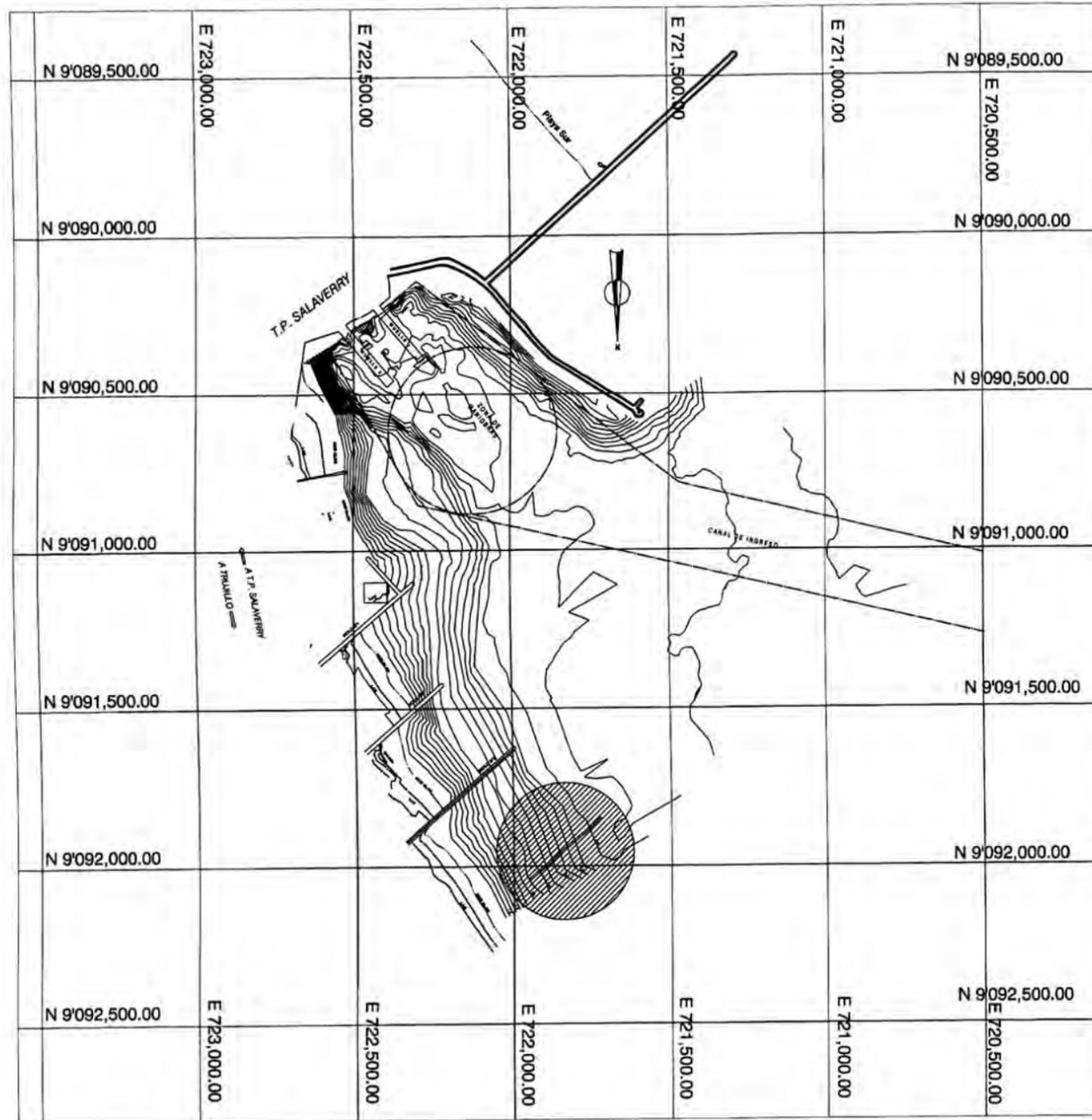
Torsional coupling, fresh water heat exchanger, fuel cooler, expansion tank, emergency pumps and connections, jacket water heater, flexible connections, and anti-vibration isolators

Fuente: Catálogo de motores Caterpillar

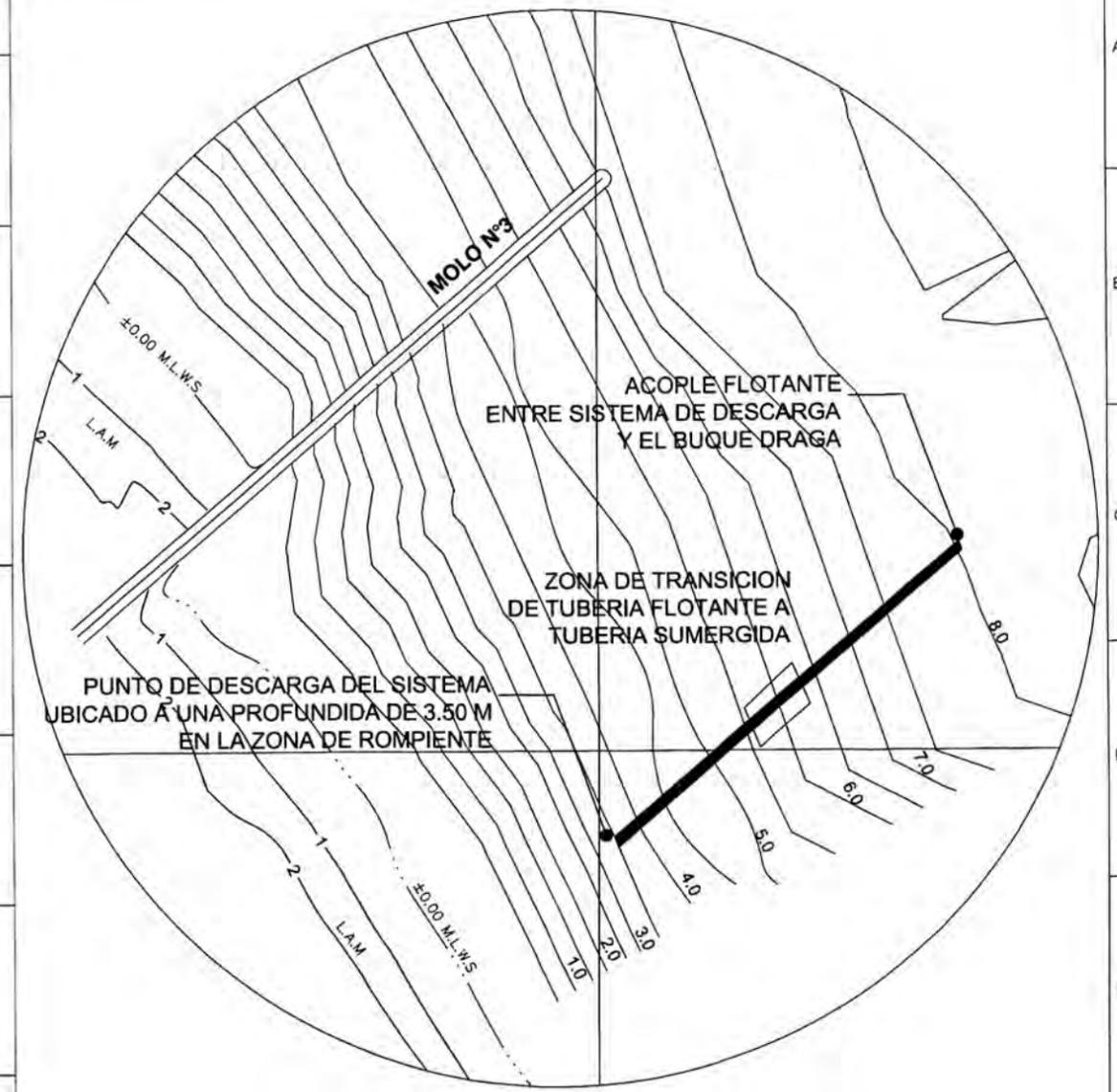
ANEXO C: PLANO



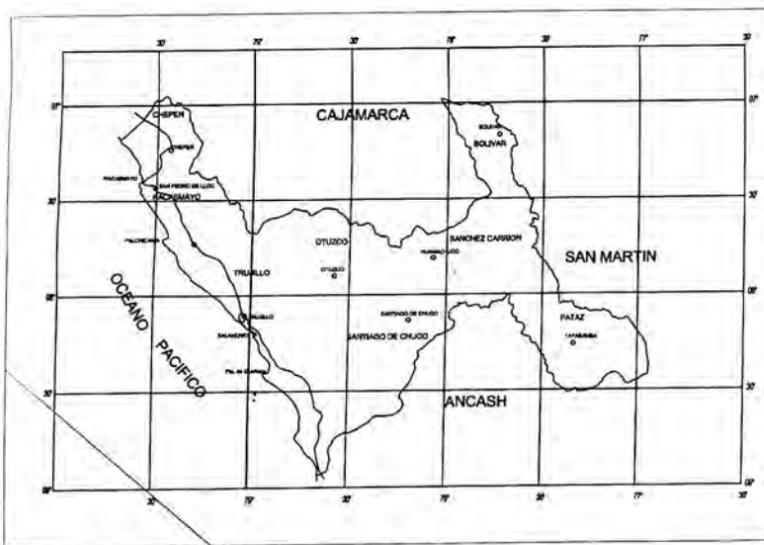
REPUBLICA DEL PERU



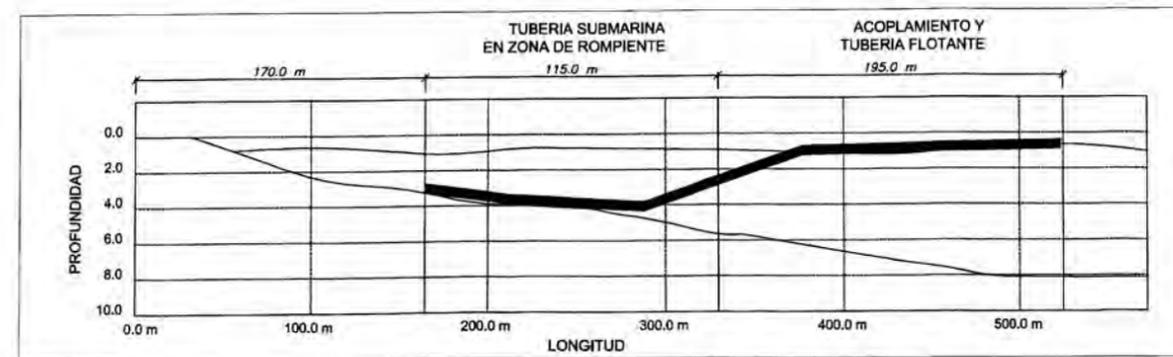
PLANO GENERAL
Escala: 1 : 100,000



SISTEMA DE DESCARGA DE MATERIAL DRAGADO
Escala: 1 : 20,000



LA LIBERTAD



PERFIL LONGITUDINAL DEL SISTEMA DE DESCARGA
Escala: 1 : 20,000

PROPIETARIO:	EMPRESA NACIONAL DE PUERTOS S.A. ENAPU S.A.				
PROYECTO:	PROTECCION DE LA COSTA NORTE				
TITULO:	PLANO GENERAL				
CATEGORIA:	GENERAL	DISEÑADO:	GRUPO N°3	REVISADO:	GRUPO N°3
AREA:	TPS	DIBUJADO:	GRUPO N°3	APROBADO:	GRUPO N°3
FECHA:	DIC-2010	LÁMINA:	1/1	ESCALA:	INDICADA
PROYECTISTA:	GRUPO N°3	DIRECCION:		N° DE PLANO:	N° 01