

## **Aplicación de un plan de mantenimiento en la draga Marinero Rivas del terminal portuario de Salaverry para mejorar su funcionamiento**

Apply a maintenance plan in the dredger Marinero Rivas of port terminal of Salaverry to improve its operation

Orlando Segundo López Trujillo<sup>1</sup>

### **RESUMEN:**

Para la presente tesis, se tiene como objetivo la aplicación de un de plan de mantenimiento en la draga Marinero Rivas del Terminal Portuario de Salaverry para mejorar su funcionamiento. La tesis se aplicó a la draga Marinero Rivas de la Empresa Nacional de Puertos del Perú – Enapu S.A. que cumple la función de dragado en el canal de acceso a los buques para el atraque y desatraque en el Puerto de Salaverry. Es una investigación cuantitativa y cualitativa, para ello se creó una data de recolección de datos, la cual fue validada por los especialistas tanto de la empresa Enapu S.A. como el asesor especialista. En donde el tiempo de investigación empezó en septiembre del 2016 a julio del 2017. Luego en base a esto se determinó el estado actual de la draga Marinero Rivas, después se aplicó un análisis de criticidad, para determinar los equipos críticos, luego se crea el plan de mantenimiento, para pasar al siguiente paso de la proyección del plan de mantenimiento, de la misma manera, se crea los formatos de mantenimiento, y el programa de monitoreo del cumplimiento de actividades. Posteriormente, se obtienen nuevos indicadores de mantenimiento, los cuales fueron comparados con los indicadores obtenidos de la evaluación inicial, para último pasar a determinar costos y retorno de inversión. El estudio, brindó un resultado favorable, el cual aumento y mejorar los indicadores de mantenimiento, y dando un retorno de inversión del 64%, lo cual es aceptable y rentable.

**Palabras claves:** Mantenimiento, Plan de mantenimiento, Indicadores de mantenimiento, Retorno de inversión.

### **ABSTRACT:**

For the present thesis, it will apply a maintenance plan in the dredger Marinero Rivas of Port Terminal of Salaverry to improve its operation. The thesis was applied to the dredger Marinero Rivas of the National Company of Ports of Peru - Enapu S.A. Which fulfills the function of dredging in the channel of access to ships for docking and uncoupling in the Port of Salaverry. It is a quantitative and qualitative research, for it was created a data collection data, which was validated by the specialists of both the company Enapu S.A. As the specialist adviser. Where the research time began in september 2016 to july 2017. Then based on this the current state of the dredger Marinero Rivas was determined, then a criticality analysis was applied to determine the critical equipment, then the Maintenance plan, to move to the next step of the projection of the maintenance plan, in the same way, it creates the maintenance formats, and the program of monitoring the fulfillment of activities. Subsequently, new maintenance indicators are obtained, which were compared with the indicators obtained from the initial evaluation, in order to determine costs and return on investment. The study provided a favorable result, which increased and improved the maintenance indicators, and giving a return of investment of 64%, which is acceptable and profitable.

**Key words:** Maintenance, Maintenance plan, Maintenance indicators, Return on investment.

---

<sup>1</sup> Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
E-mail: lopeztrujillo.g@hotmail.com

## 1. INTRODUCCIÓN:

En el año 2012, el congresista Richard Acuña Nuñez hizo el pedido de información sobre la situación y operatividad de las Dragas Marinero Rivas y Grimete Arciniega, asimismo, las acciones de su despacho han tomado en relación a que ambas dragas continúen operando en el Puerto de Salaverry sin poner en riesgo las operaciones Portuarias del Puerto de Salaverry. Según indica el Oficio No 115-2011-2012/RAN-CR.

Cuya solicitud fue respondida con un informe técnico No 001-2012 ENAPU S.A/GTTPP sobre las dos dragas, donde indica que la Draga Marinero Rivas se encuentra operativa, amarrada a muelle y con personal mínimo de seguridad propio del Terminal Portuario.

Esta Draga Marinero Rivas, es de tipo hidráulico, basa sus trabajos en la succión por arrastre, y es autopropulsada.

Según la Unidad Operativa de Salaverry, indica que hasta el mes de Agosto se ha recibido 126 Naves de Alto Bordo, y 6 Naves Menores, adicionalmente en Memorias Anuales 2014, hace referencia al impacto ambiental que ésta genera, en Memorias Anuales 2015 registra la disminución de naves recibidas, debido al problema del dragado, ya que ENAPU S.A. sede Salaverry ya no cuenta con el funcionamiento completo de la Draga Grimete Arciniega por ser ya una draga muy antigua, quedando únicamente la Draga Marinero Rivas, la cual ya cuenta con muchos años que brinda el trabajo de dragado en el canal de ingreso al muelle de Salaverry, y solo cuenta con actividades diarias correctivas, que en algunas oportunidades se produce la para inmediata e indeterminada de la Draga, haciendo que el nivel de Buques, cruceros u otros disminuyan.

Actualmente, la Draga Marinero Rivas, sigue operativa, ofreciendo servicio del dragado del canal de

acceso al Terminal Portuario para el ingreso de Buques, Cruceros u otros.

Por otro lado, surge un conflicto por el impacto ambiental que ésta genera, como la erosión costera, que involucran y afectan a otros distritos de la zona costera del departamento de La Libertad.

Para precisar la problemática se basa en dar soporte técnico a esta draga y así pueda continuar con las actividades que la Draga Marinero Rivas en el Terminal Portuario de Salaverry realiza, pues cuenta con una serie de actividades diarias correctivas, solo si éste sufre alguna para imprevista, o cuando haya para del Puerto de Salaverry, por motivos de oleajes anómalos, o en temporadas de baja demanda de buques, cruceros u otros.

Generando de ésta manera la demora en la entrada de buques, cruceros u otros, entren a los muelles del Terminal Portuario de Salaverry, produciendo pérdidas económicas a ENAPU S.A.

## 2. CONTENIDO:

Teorías relacionadas al tema:

- **Mantenimiento:** Se define al mantenimiento como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento. [1]

Principalmente el mantenimiento puede ser aplicado de tres formas:

**Mantenimiento Correctivo:** Es aquel mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presenta en determinado momento. Se puede

afirmar que es el equipo quien determina cuando se debe parar. Su función principal es poner en marcha el equipo lo más rápido posible y al mínimo costo posible. [1]

**Mantenimiento Preventivo:** Este tipo de mantenimiento tiene su importancia en que realiza inspecciones periódicas sobre los equipos, teniendo en cuenta que todas las partes de un mecanismo se desgantan en forma desigual y es necesaria atenderlos para garantizar su buen funcionamiento. Realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de la falla inminente. [1]

**Mantenimiento Predictivo:** Este mantenimiento nació basado en la automatización y avances tecnológicos en la actualidad, la base de este tipo de mantenimiento se encuentra en el monitoreo de una máquina, además de la experiencia empírica, se obtienen gráficas de comportamiento para poder realizar la planeación de mantenimiento. [1]

Existen técnicas de mantenimiento predictivo para monitorear una máquina. De las cuales se mencionará algunas que sirven para este estudio:

**Inspección Visión:** Abarca desde la simple inspección visual directa de la máquina hasta la utilización de complicados sistemas de observación como pueden ser microscopios, endoscopios y lámparas estroboscópicas. Se pueden detectar fallos que se manifiestan físicamente mediante grietas, fisuras, desgaste, soltura de elementos de fijación, cambios de color, etc. Se aplica a zonas que se pueden observar directamente y, cada vez más, se diseñan las máquinas para poder observar partes inaccesibles sin necesidad de desmontar (como las turbinas de gas, por ejemplo, mediante el uso de endoscopios). [2]

**Análisis de vibraciones:** Todas las máquinas en uso presentan un cierto nivel de vibraciones como

consecuencia de holguras, pequeños desequilibrios, rozamientos, etc. El nivel vibratorio se incrementa si, además, existe algún defecto como desalineación, desequilibrio mecánico, holguras inadecuadas, cojinetes defectuosos. Por tal motivo el nivel vibratorio puede ser usado como parámetro de control funcional para el mantenimiento predictivo de máquinas, estableciendo un nivel de alerta y otro inadmisibles a partir del cual la fatiga generada por los esfuerzos alternantes provoca el fallo inminente de los órganos afectados. Se usa la medida del nivel vibratorio como indicador de la severidad del fallo y el análisis espectral para el diagnóstico del tipo de fallo. [2]

**Plan de Mantenimiento:** Es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas), con los objetivos de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad. [3]

La planeación o planificación en el contexto del mantenimiento, se refiere al proceso mediante el cual se determinan, especifican y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo con el fin de facilitar la ejecución del mismo. [4]

**Frecuencia Fallas:** En cuanto a la frecuencia de una tarea, existen dos formas para fijarla:

Siguiendo periodicidades fijas

Determinándola a partir de las horas de funcionamiento

Es el número de veces que se repite un evento considerado como falla dentro de un período de tiempo, que para nuestro caso será de un año.

**Especialidades:** En la elaboración del plan de mantenimiento es conveniente diferenciar las tareas que

realizan unos profesionales u otros, de forma que al generar las órdenes de trabajo correspondientes no se envíe al especialista eléctrico lo que debe realizar el especialista mecánico y viceversa. [4]

**Duración:** La estimación de la duración de las tareas es una información complementaria del plan de mantenimiento. Siempre se realiza de forma aproximada, y se asume que esta estimación lleva implícito un error por exceso o por defecto. [4]

**Permiso de Trabajo:** Determinadas tareas requieren de un permiso especial para llevarlas a cabo. Así, las tareas de corte y soldadura, las que requieren la entrada en espacios confinados, las que suponen un riesgo eléctrico, etc., requieren normalmente de un permiso de trabajo especial. [4]

**Máquina parada o en marcha:** Para llevar a cabo una tarea determinada puede ser conveniente que el equipo, el sistema al que pertenece o incluso toda la planta estén paradas o en marcha. Resulta útil que este extremo esté indicado en el plan de mantenimiento, ya que facilita su programación. [4]

**Indicadores:** Es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo, calidad y plazos. [5]

Algunos indicadores:

**Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time To Fail (MTTF):** Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El Tiempo Promedio para Fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio hasta la Falla”. [6]

$$TPPF = (\text{Horas operadas}) / (\text{N}^\circ \text{ de fallas}), \quad (1)$$

**Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) – Mean Time To Repair (MTTR):** Es la medida de la distri-

bución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. [6]

$$TPPR = (\text{N}^\circ \text{ de horas de paro por avería}) / (\text{N}^\circ \text{ de averías}), \quad (2)$$

**Tiempo Promedio Entre Falla (TPEF) o Mean Time Between Fail (MTBF):** Es un indicador que representa el tiempo promedio en el que un equipo funciona sin fallas, dicho de otra forma, el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente. [6]

$$MTBF = TPPF + TPPR, \quad (3)$$

**Disponibilidad:** Indica el tiempo en que un equipo, máquina, o sistema opera, este tiempo es menor al que se hace referencia idealmente. [6]

$$D = \frac{((TPPF - TPPR))}{TPPF}, \quad (4)$$

Donde TPPF es Tiempo Promedio para Fallar, y TPPR es Tiempo promedio para reparar.

**Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. [6]

$$Co = e^{-\lambda t}, \quad (5)$$

Dónde  $\lambda$  es la tasa de fallas (número total de fallas por período de operación). Y se calcula ( $\lambda = 1/MTBF$ )

**Mantenibilidad:** Es la característica inherente de un elemento o sistema, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados, la cual restablece su función original nuevamente. [6]

$$M = 1 - e^{-\mu t}, \quad (6)$$

Dónde  $\mu$  es parámetro el cual permite evaluar la probabilidad que tiene un componente a ser reparado. Y se calcula ( $\mu = 1/TPPR$ )

**Tiempo Muerto:** Es aquel en el que una máquina no es productiva. El tiempo muerto puede ser ocasionado por circunstancias programadas y controladas o por circunstancias emergentes o no controladas como descomposturas, accidentes, etc. [7]

**Criticidad:** Es una metodología que permite establecer una jerarquía en las prioridades de los ítems, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones al momento de centrar los esfuerzos y recursos en donde sea más importante y necesario mejorar la confiabilidad operacional. [8]

**Factores de Análisis de Criticidad:** Propone los siguientes factores: [9]

**Frecuencia de Fallas:** Es el número de veces que se repite un evento considerado como falla dentro de un período de tiempo, que para nuestro caso será de un año.

**Impacto Operacional:** Es el efecto causado en la producción.

**Flexibilidad Operacional:** Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.

**Costo del Mantenimiento:** Tomando todos los costos que implica la labor de mantenimiento, dejando por fuera los costos inherentes a los costos de producción sufridos por la falla.

**Impacto de Seguridad y Medio Ambiente:** Enfocado a evaluar los posibles inconvenientes que puede causar sobre las personas o el medio ambiente.

**Pasos para el Análisis de Criticidad:** Son los siguientes pasos para un análisis de criticidad.: [10]

**Primer Paso-Definir el nivel de análisis:** Se deberá definir los niveles en donde se efectuará el

análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con los requerimientos o necesidades de jerarquización de activos. Se requiere contar con la siguiente información para realizar el análisis.

Relación de las instalaciones (se refiere al tipo de instalaciones).

Relación de sistema y equipo por instalación (se requiere a diferentes tipos de sistemas y equipos).

Ubicación (área geográfica, región) y servicio.

Filosofía de operación de la instalación y equipo.

Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).

Registros disponibles de eventos no deseados o fallas funcionales.

Frecuencia de ocurrencia de los eventos no deseados o las fallas consideradas en el análisis.

**Segundo Paso-Definir la Criticidad:** La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos.

Estimación de la frecuencia de la falla funcional: Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año.

**Tercer Paso-Cálculo del nivel de criticidad:** Para determinar el nivel de criticidad de una instalación, sistema, equipo o elemento se debe emplear la fórmula:

Criticidad = Frecuencia x consecuencia, (7)

Consecuencia = (I.Operacional\*Flexibilidad\*TPPR) + C.Mantenimiento + I.Seguridad.I.Ambiental,(8)

Reemplazando la ecuación (8), en la ecuación (7)  
 $CRIT.=FF*(I.Operacional*Flexibilidad*TPPR)+C.Mantenimiento+I.Seguridad.I.Ambiental,(9)$

**Cuarto Paso-Análisis y Validación de los resultados:** Los resultados obtenidos deberán ser analizados a fin de definir acciones para minimizar los impactos asociados a los modos de falla identifica-

dos que causan la falla funcional. Este análisis final permitirá validar los resultados obtenidos, a fin de detectar cualquier posible desviación que amerite la reevaluación de la criticidad.

**Quinto Paso-Definir el nivel de análisis:** El resultado obtenido de la frecuencia de ocurrencia por el impacto permite “jerarquizar” los problemas, componentes, equipos, sistemas o procesos, basado en la criticidad. El cuál es el objetivo de la aplicación de la metodología. La valoración del nivel de criticidad y la identificación de los activos más críticos permitirá orientar los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo ameriten, así como gerenciar las acciones de mitigación del riesgo en elementos subsistemas, considerando su impacto en el proceso.

**Sexto Paso-Determinar la criticidad:** Permite completar la metodología, sin formar parte de la misma. Cuando en la evaluación de un activo obtenemos frecuencias de ocurrencias altas, las acciones recomendadas para llevar la criticidad de un valor más tolerable deben orientarse a reducir la frecuencia de ocurrencia del evento. Si el valor de criticidad se debe a valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, las acciones deben orientarse a mitigar los impactos que el evento (modo de falla o falla funcional) puede generar.

**Séptimo Paso-Sistema de Seguimiento de control:** Después de la selección de las acciones de mejora en las frecuencias de ocurrencia de los eventos y mitigación de impactos se debe crear y establecer en Seguimiento y Control, para garantizar el monitoreo de la ejecución de las acciones seleccionadas y el cumplimiento de las recomendaciones consecuentes de Análisis de Criticidad. Los objetivos de Seguimiento y Control son: Asegurar la continuidad en el tiempo de la aplicación de los planes de acción resultantes de la aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad. Promover la cultura del dato en todos los niveles de la empresa.

Monitorear los cambios o mejoras que pueden derivarse de la aplicación de las acciones generadas como resultados de los análisis para determinar si requiere un nuevo análisis.

**Control:** Es el proceso que permite garantizar que las actividades reales se ajusten a las actividades proyectadas. El control sirve a los administradores para monitorear la eficacia de sus actividades de planeación, organización y dirección. [11]

**Costo de Mantenimiento:** Es el costo de las reparaciones que se le efectuará a la maquinaria a lo largo de su vida útil, independientemente sea buena o no la gestión de mantenimiento que tengamos, siempre será un gasto que debemos tener en consideración. Por ese motivo es que se busca siempre que éste costo debe ser lo más bajo posible. [12]

**Costos directos de mantenimiento:** Se definen como el valor conjunto de bienes y servicios que se consumen para adelantar un trabajo de mantenimiento. Está compuesto por: 12

**Costos de suministros:** Corresponden a los elementos físicos que son imprescindibles durante una tarea de mantenimiento. Es importante aclarar que todos los suministros no son repuestos, ya que pueden ser piezas de cambio o insumos necesarios para las labores de mantenimiento. Al estimar el costo de estos suministros hay que tener en cuenta factores como la inflación, devaluación, depreciación y los costos por inventario excesivo.

**Costos de mano de obra:** Se refiere al salario más las prestaciones sociales devengadas por los trabajadores del departamento de mantenimiento asignados a una labor específica. A estos se suman los costos por operación, que son aquellos que no pueden ser clasificados ni como suministro, ni como mano de obra y cuya cuantificación atribuida a una determinada labor de mantenimiento, es casi imposible. La valorización de estos costos se hace en un periodo particular de tiempo. Ejemplos: renta o alquiler,

energía, acueducto, impuestos sobre inmuebles, salarios de personal administrativo, etc. Son también incluidos en este grupo los elementos solicitados por el taller de máquinas y herramientas como brocas, aceites, refrigerantes, etc., que una vez comprados se consideran consumidos y que constituyen parte de los gastos del mantenimiento.

**Costos de parada equipo:** Cuando una máquina se encuentra fuera de servicio se incurre en unos costos debido a la tarifa horaria que tenga la máquina. En ocasiones la obsolescencia de equipos hace difícil conseguir los repuestos y es necesario practicar modificaciones a las máquinas, ocasionando bajas en su capacidad productiva.

**Retorno de Inversión:** Es el cálculo del retorno de una inversión habitualmente expresado en porcentaje. No es un sistema de control de costes que usamos como mecanismo para la reducción de gastos. El ROI, como instrumento de valoración, debe formar parte de la planificación de cualquier acción empresarial. Se trata, por lo tanto, de la valoración del retorno esperado de una inversión. [13]

$$ROI = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} = I_0 / \left( \frac{VAN}{n} \right), \quad (10)$$

VAN: Beneficio neto

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}, \quad (11)$$

TIR: Indicador de rentabilidad de proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = 0, \quad (12)$$

$I_0$  = Inversión inicial

$K$  = interés

$F_t$  = flujo neto

$N$  = periodo de evaluación

**Draga:** Una draga es una embarcación soportante del sistema de bombas y malacates. La draga está anclada a las orillas del embalse por cuatro puntos mediante cables que salen de cuatro malacates desde las cuatro aristas de la draga. Los cables se

pueden enrollar o desenrollar con lo cual el equipo puede posicionarse en un tramo determinado. [14]

**Tipos de Dragas:**

**Dragas Mecánicas:** Las dragas mecánicas utilizan en principio el mecanismo de corte para penetrar el suelo. Estas dragas emplean equipos similares a los utilizados para movimientos de suelos en tierra firme. Poseen entre ellas una serie de aspectos en común, como por ejemplo, que el material se saca con poca perturbación y mínima dilución con lo que la eficiencia de las dragas mecánicas es alta desde ese punto de vista. [14]

**Draga Tipo Retroexcavadora:** La draga tipo retroexcavadora se está usando cada vez más dentro de las operaciones de dragado. Está compuesta por una retroexcavadora como las utilizadas en trabajos de tierra firme montada sobre un pontón habitualmente no autopropulsado que se mantiene en la posición mediante pilones. El material se excava del fondo y se coloca en barcasas. Presentan algunas limitaciones con las profundidades a dragar pero hay nuevos modelos que están aumentando la profundidad de dragado. Las dragas tipo retroexcavadora pueden dragar un amplio rango de materiales tales como arenas, arcillas, grava, cantos rodados y roca fracturada. También roca sana moderadamente dura. [14]

**Draga Tipo Pala:** Esta draga consiste en una pala cargadora montada sobre un pontón con muchas similitudes con la draga tipo retroexcavadora. Se colocan dientes en el labio de la pala para hacerlas más eficientes en el dragado de materiales duros. Se eleva el material y se descarga en barcasas. Estas dragas son capaces de dragar rocas duras y materiales muy compactados. Tienen algunas limitaciones en lo que hace a profundidades a dragar. Mucho del trabajo que se ejecutaba mediante estas dragas se ejecuta en la actualidad mediante dragas tipo retroexcavadora. [14]

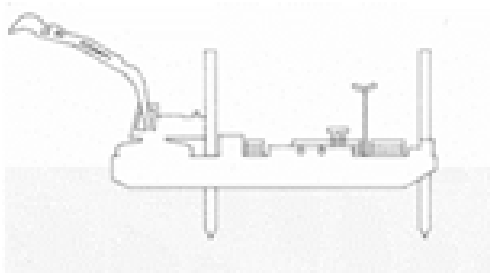


Figura 1. Dragas tipo pala, según Escalante, 2008.

**Dragas Hidráulicas:** Este tipo de dragas utiliza bombas centrífugas para producir la succión de agua que transporta el material dragado.

**Draga de Succión Simple:** La draga de succión simple consiste en un barco que tiene un tubo de succión que desciende hasta el fondo y que mediante la succión producida por las bombas centrífugas eleva la mezcla de agua y material hasta la superficie. La operación se realiza con el barco fondeado. La profundidad a alcanzar depende de la longitud del tubo de succión y para incrementarla la bomba centrífuga puede estar montada sobre el tubo de succión. Las dragas pueden tener cántara propia donde descargan el material o pueden descargarlo a barcazas o enviarlo mediante una tubería. Estas dragas son muy efectivas para dragar materiales no consolidados como arenas y gravas y se utilizan mucho en operaciones de dragado de materiales para la construcción. El resultado del dragado es un pozo en el fondo con forma de un cono invertido. [14]

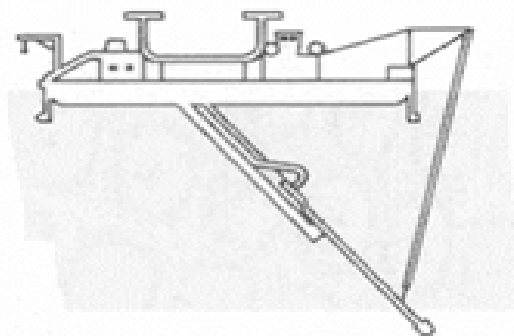


Figura 2. Dragas de Succión Simple, según Escalante, 2008.

**Draga de succión por Arrastre:** Las dragas de succión por arrastre 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. 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. Las dragas de succión por arrastre son muy flexibles en lo que hace a los tipos de material que pueden dragar, las posibilidades de disposición del material dragado y la posibilidad de trabajar tanto en aguas protegidas como no protegidas. [14]

### 3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Oviedo Rueda, Carlos, GALVIS Casanova Juan. Metodología para la implementación de un sistema de información integrado para el mantenimiento de redes de distribución de agua potable del amb S.A. ESP. Trabajo de investigación previa a la obtención de título de especialización en gerencia de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander-UIS, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011.
- [2] Cruz Jasso, Adrián. Implementación del mantenimiento predictivo en la empresa AGR-RACKEND. Proyecto de titulación de Ingeniero de Mantenimiento Industrial. Tula, México: Universidad Tecnológica de Tula Tepeji, Escuela de Ingeniería Industrial, 2011. 87p



- [3] Jaramillo García, Orlando, Propuesta del mantenimiento preventivo por medio del SIM al parque vehicular del Municipio de Querétaro. Proyecto para la titulación de ingeniero en mantenimiento industrial. Santiago de Querétaro, México: Universidad Tecnológica de Querétaro, Facultad de ingeniería, 2013. 103p
- [4] Duffuaa, Salih O, Campbell, John y Raouf A. Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. 1era ed. México: Limusa, 2000. ISBN: 968-18-5918-9
- [5] Sistema de Cálculo de Indicadores para el Mantenimiento. Hernández Cruz, Eugenio, Navarrete Pérez, Enrique. Disponible en: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/322/662> Fecha de consulta: 16 de octubre del 2016
- [6] Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento. Amendola, Luis. Disponible en: [www.Klaron.net](http://www.Klaron.net). Fecha de consulta: 16 de octubre del 2016.
- [7] Álvarez Miranda, Silvana del Pilar. La seguridad industrial y su incidencia en las pérdidas de la empresa Cavimar. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniería de empresas. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencias administrativas. 2013.
- [8] Ricaldi Arzapalo, Melissa Carla. Propuesta para la mejora de la disponibilidad de los camiones de una empresa de transportes de carga pesada, mediante el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento. Proyecto profesional para optar por el título de ingeniero industrial. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de ingeniería, 2013.
- [9] Rosendo Huerta Mendoza. El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Club de mantenimiento. Venezuela.
- [10] José Luis Pablo, Romero Carranza, Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>
- [11] Manual de control Administrativo. INEGI. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/manualdecontroladmvo.pdf>.
- [12] Manual de Mantenimiento. SENA. Disponible en: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#).
- [13] ROI y e-learning: más allá de beneficios y costes. Disponible en: <http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/duart0902/duart0902.pdf>.
- [14] Escalante, Raúl S. Elección de tipo de dragado. Cátedra Ingeniería de dragado. Escuela de graduados portuarios. Disponible en: [http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA\\_Tema%205\\_Eleccion%20del%20equipo%20de%20dragado.pdf](http://www.graduadosportuaria.com.ar/IngDragado/DRA_Tema%205_Eleccion%20del%20equipo%20de%20dragado.pdf)