

# SIMPLES ACCIONES PARA REDUCIR LAS FALLAS EN LOS CABLES DE SUJECCIÓN (CABRESTOS) DE LAS UNIDADES DE BOMBEO CONVENCIONALES

Ing. Erik Perdomo García<sup>1</sup>, Dr.C. Francisco Martínez Pérez<sup>2</sup>

1. Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro  
Finca La Cachurra, Guásimas, Cárdenas

2. Universidad Técnica de La Habana



## Resumen

La implementación de una nueva política económica de ahorro para la nación cubana se analiza en el VI Congreso de PCC, como resultado, surgen los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. En algunos de sus artículos se hace énfasis en el mantenimiento industrial; basado en ello surge esta investigación, la cual se realiza en la UEB de Mantenimiento de la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-C), Cárdenas, Matanzas, perteneciente a Cupet, con el objetivo de determinar un grupo de acciones de mejoras que contribuyan a la disminución de la frecuencia de falla en el cabresto de las unidades de bombeo convencionales de la empresa. Para ello se hizo necesario la utilización de varias herramientas: Metodología para la selección de expertos, encuestas, Análisis de criticidad, HEC Excel, software Statgraphics para la obtención del Diagrama de Pareto, y Diagrama Ishikawa, con las que se determinaron que las principales causas que originan la rotura del cabresto son: la operación de pozos con existencias de atrasos e incorrecta ubicación de los contrapesos, además del deficiente mantenimiento al cable. Se propusieron para aumentar la vida útil del cabresto dos procedimientos: Acciones de limpieza de los cables in situ y Traslado del cable del Almacén hasta el Área de Trabajo en el taller donde será utilizado. Con la aplicación de estas mejoras el costo de mantenimiento ascenderá a 852.096 UM, y se podrán obtener 10785.144 UM de utilidades

**Palabras claves:** *unidades de bombeo convencionales, cabresto, acciones de mejoras, criticidad.*

---

## ABSTRACT

The implementation of a new economic policy of saving for the Cuban nation is discussed in the Sixth Congress of PCC, as a result, the Guidelines of the Economic and Social Policy of the Party and the Revolution emerge. In some articles focus on industrial maintenance is done; based on this research it arises, which is done in UEB Maintenance Company of Oil Drilling and Extraction Centre (EPEP-C), Cardenas, Matanzas, belonging to Cupet, in order to determine an action group improvement that contribute to the decreased frequency of failure lift cable of conventional pumping units Company. To do this using several tools became necessary: Methodology for the selection of experts, surveys, analysis of criticality, HEC Excel, Statgraphics software for obtaining Diagram Pareto and Ishikawa Diagram, with which they determined that the main causes lift cable originate breakage are operating wells stock of arrears and incorrect location of the balances, in addition to poor maintenance cable. They proposed to increase the life of lift cable two procedures: Shares in situ cleaning and Warehouse Transfer cable to the work area where the workshop will be



used cables. With the implementation of these improvements the maintenance cost will amount to 852 096 UM, and UM may obtain profit 15990,254.

**KEY WORDS:** conventional units of pumping, lift cable, improvement actions, critical analysis



## 1- INTRODUCCIÓN

Del petróleo se dice que es el energético más importante en la historia de la humanidad; un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo.

Aunque se conoce de su existencia y utilización desde épocas milenarias, la historia del petróleo como elemento vital y factor estratégico de desarrollo es relativamente reciente, de menos de 200 años.

En 1850 Samuel Kier, un boticario de Pittsburg, Pennsylvania (EE.UU.), lo comercializó por vez primera bajo el nombre de "aceite de roca" o "petróleo".

A partir de entonces se puede decir que comenzó el desarrollo de la industria del petróleo y el verdadero aprovechamiento de un recurso que indudablemente ha contribuido a la formación del mundo actual.

La situación real en la que se encuentra el mundo, hoy, en medio de una crisis económica, lejos de finalizar promete perdurar y mantenerse, afectando tanto a potencias económicas como naciones tercermundistas. Los cambios bruscos en los precios de los hidrocarburos, debido a conflictos bélicos y a la inestabilidad en los mercados; son realidades de las cuales Cuba como país no está ajeno, lo cual trae consigo la búsqueda de alternativas para la sustitución de importaciones.

En el camino a la excelencia del mantenimiento, se debe tener claro que el aumento de la disponibilidad de equipos es uno de los primeros pasos a ejecutar. Dentro de este gran problema la carencia de modelos o procedimientos estandarizados son los principales aspectos a tener en cuenta para ejecutar dicha tarea.

El PCC en su VI Congreso se propuso la implementación de una nueva política económica de ahorro para la nación cubana (Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución) con el objetivo de mejorar económicamente la situación del país. Esta se aprobó el 18 de abril de 2011. En los artículos (220, 224, 278, 279 y 285) se hace énfasis en el reordenamiento y mantenimiento al transporte de carga y pasajeros además del tema mantenimiento industrial; tanto así como a la organización, prioridad a la atención y calidad de los servicios técnicos dirigidos al mantenimiento y a la disponibilidad técnica de estos medios.

Producto a lo antes dicho el Ministerio de Energía y Minas pide asesoría en el tema del mantenimiento al Centro de Estudios de Ingeniería del Mantenimiento (CEIM), y se constituye una línea de trabajo de conjunto entre ambas instituciones.

Así surge esta investigación, la cual se realiza en la UEB de Mantenimiento de la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-C), perteneciente a Cupet del Ministerio de Energía y Minas.

Es de vital importancia la búsqueda continua de buenas prácticas para la empresa, ya que la misma cuenta con 186 unidades de bombeo donde se produjeron 44 roturas en el período 2013-2014, por el concepto de rotura de cabresto y se dejaron de extraer 126 toneladas de crudo, lo que se traduce en pérdidas de ingreso ascendentes a 38613.5178 CUC. Sobre esta



base surge la necesidad de realizar una investigación orientada por el diseño teórico-metodológico siguiente:

**Problema a resolver:**

¿Cómo contribuir a disminuir la frecuencia de rotura que presenta el cabresto de las unidades de bombeo en EPEP-C?

**Objeto de estudio:**

Herramientas de análisis que permiten llegar a propuestas de mejoras a las fallas ocurridas en las unidades de bombeo de EPEP-C (Análisis de criticidad, Ishikawa )

**Campo de acción:**

Ingeniería de mantenimiento.

**Objetivo general:**

Determinar las acciones de mejoras para disminuir la frecuencia de falla en el cabresto de las unidades de bombeo convencionales de EPEP-C.

Tareas de la investigación:

Para el cumplimiento del objetivo propuesto se han trazado las siguientes

**Tareas de Investigación:**

1. Caracterización de las unidades de bombeo.
2. Análisis de criticidad a las fallas de las Unidades de Bombeo
3. Análisis conjunto con expertos y/o especialistas, de las posibles causas que propician la falla. Construcción del diagrama de Ishikawa.
4. Propuesta de mejoras.

**Idea a defender**

Si se aplican herramientas adecuadas se podrá realizar una propuesta de mejoras que disminuyan la frecuencia de aparición de dicha falla en las unidades de bombeo.

**Resultados esperados.**

Incremento de las utilidades a partir de mejoras en los procedimientos de mantenimiento.

## 2- MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección de Expertos

Una metodología completa y sencilla para la determinación de la competencia de los Expertos, la constituye la aprobada en 1971 por el Comité Estatal para la Ciencia y Técnica de la (URSS), Rusia actualmente, para la elaboración de pronósticos científicos técnicos. En esta tecnología la competencia de los expertos se determina por el coeficiente  $k$ , el cual se calcula de acuerdo con la opinión del experto sobre su nivel de conocimiento acerca del problema que se está resolviendo y con las fuentes que le permiten argumentar sus criterios.[17]

$$k = \frac{1}{2}(k_c + k_a)$$

Ecuación 1: Coeficiente de competencia de los expertos



Fuente: Aplicación del criterio de expertos para definir las áreas de actuación de la gestión de mantenimiento, sus funciones y respectivos pesos.

$k_c$  es el coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0.1 de esta forma, la evaluación 0 indica que el experto no tiene absolutamente ningún conocimiento de la problemática correspondiente, mientras que la evaluación 10 significa que el experto tiene pleno conocimiento. Entre estas dos evaluaciones extremas hay nueve intermedias, el experto deberá marcar con una cruz en la casilla que estime pertinente.

$$k_c = \text{Evaluación} \times 0,1$$

Ecuación 2: Coeficiente de información del experto

Fuente: Aplicación del criterio de expertos para definir las áreas de actuación de la gestión de mantenimiento, sus funciones y respectivos pesos.

Tabla 1: Valor del grado de conocimiento o información de cada experto sobre el tema tratado

Fuente: Aplicación del criterio de expertos para definir las áreas de actuación de la gestión de mantenimiento, sus funciones y respectivos pesos.

| Nº de Expertos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |

En segundo lugar se les pide que realicen una autovaloración, de sus niveles de argumentación o fundamentación sobre el tema de estudio basándose en una serie de indicadores presentados en la tabla a continuación, donde tendrán tres posibilidades de evaluación (Alto, Medio y Bajo) en cada indicador. [17]

Tabla 2: Grado de influencia en cada una de las fuentes según sus criterios

Fuente: Aplicación del criterio de expertos para definir las áreas de actuación de la gestión de mantenimiento, sus funciones y respectivos pesos.

| Fuentes de argumentación  | alto | medio | bajo |
|---|------|-------|------|
| Análisis teórico realizado por usted                            |      |       |      |
| Su experiencia obtenida   |      |       |      |
| Bibliografía consultada   |      |       |      |
| Participación en la confección de bibliografía sobre el tema    |      |       |      |
| Su propio conocimiento del estado del problema en otros lugares |      |       |      |
| Su intuición  |      |       |      |

Al experto se le presenta esta tabla sin cifras, orientándole marcar cuál de las fuentes él considera que ha influido en su conocimiento de acuerdo con el grado Alto, Medio o Bajo. Posteriormente, utilizando los valores de la tabla patrón para cada una de las casillas marcadas por el experto, se calcula el número de puntos obtenidos en total. [17]

Si  $k_a=1$  el grado de influencia de todas las fuentes es alto, si  $k_a = 0.8$  es medio y si  $k_a =0.5$  se considera con bajo grado de influencia de las fuentes. [17]



Tabla 3: Tabla patrón

Fuente: Aplicación del criterio de expertos para definir las áreas de actuación de la gestión de mantenimiento, sus funciones y respectivos pesos.

| Fuentes de argumentación  | alto | medio | bajo |
|---|------|-------|------|
| Análisis teórico realizado por usted                            | 0.3  | 0.2   | 0.1  |
| Su experiencia obtenida   | 0.5  | 0.4   | 0.2  |
| Bibliografía consultada   | 0.05 | 0.04  | 0.03 |
| Participación en la confección de bibliografía sobre el tema    | 0.05 | 0.04  | 0.03 |
| Su propio conocimiento del estado del problema en otros lugares | 0.05 | 0.04  | 0.03 |
| Su intuición  | 0.05 | 0.04  | 0.03 |

Partiendo de las Tablas 2 y 3, se debe calcular  $k_a$  (coeficiente de argumentación) de la siguiente manera:

$k_a = \sum$  (cada valor de la Tabla 2.3 que corresponda a la casilla marcada por el experto en la Tabla 2.2).

Ecuación 3: Coeficiente de argumentación

Fuente: Aplicación del criterio de expertos para definir las áreas de actuación de la gestión de mantenimiento, sus funciones y respectivos pesos.

Una vez obtenido los valores de  $k_c$  y  $k_a$  se está en condiciones de calcular el coeficiente  $k$  (coeficiente de competencia) a partir de la ecuación 1 descrita anteriormente.

### Análisis de Criticidad

La estructura de criticidad que provee la llamada “metodología de los puntos” tiene su origen en el movimiento de mejora de la confiabilidad de los procesos productivos que se inició en la industria petrolera del Mar del Norte en la década del 90 y hoy es ampliamente utilizada en la industria petrolera; por supuesto, con múltiples adecuaciones y modificaciones.

La base fundamental de este enfoque es el establecimiento de un sistema de puntos para valorar la criticidad; y de una matriz cuyos rangos de frecuencia y consecuencia se expresan en “puntos”.

La ecuación base para el cálculo de criticidad en esta metodología es la siguiente:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia [7]

Ecuación 4: Ecuación base para el cálculo de criticidad

Fuente: Metodología de Análisis de Criticidad de los Puntos, PDVSA.

La cual, una vez desarrollada se obtiene:

$$\text{Criticidad} = FF \times [(CR + ISP + IMA) + (IP \times TPPR \times NP)]$$

Ecuación 5: Ecuación de criticidad

Fuente: Metodología de Análisis de Criticidad de los Puntos, (FF) Frecuencia de fallas: Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.

(CR) Costo de la reparación: Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.



(ISP) Impacto a la seguridad personal: Considera la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas producto de la ocurrencia de una falla.

(IMA) Impacto al Medio Ambiente: Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.

(IP) Impacto a la producción: Se define porcentualmente como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.

(TPPR) Tiempo promedio por reparación: Tiempo el cual emplean los técnicos para reparar el equipo.

(NP) Nivel de Producción: Representa la producción aproximada que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas

La tabla obtenida para darle la puntuación a cada uno de los criterios empleados en el análisis de criticidad es una adaptación a un estándar de PDVSA, donde se tuvieron en cuentas las características de nuestro crudo, industria y economía.[7]

*Tabla 4:* Ponderaciones de los parámetros del análisis de criticidad.

*Fuente:* Metodología de Análisis de Criticidad de los Puntos, PDVSA principios de los 90

| <b>1. Frecuencia de falla. (Por tipo de falla)</b>  | <b>Puntaje</b> |
|---|----------------|
| No más de 1 por año                                 | 1              |
| Entre 2 y 12 por año                                | 2              |
| Entre 13 y 52 por año                               | 3              |
| Más de 52 por año (Más de una parada semanal)       | 6              |
| <b>2. Nivel de Producción</b>                       | <b>Puntaje</b> |
| 0 – 4 m <sup>3</sup> /día                           | 1              |
| 5 – 10 m <sup>3</sup> /día                          | 2              |
| 11 – 24 m <sup>3</sup> /día                         | 4              |
| 25 – 39 m <sup>3</sup> /día                         | 6              |
| 40 – 80 m <sup>3</sup> /día                         | 9              |
| Más de 80 m <sup>3</sup> /día                       | 12             |
| <b>3. Tiempo promedio para reparar. (MTTR)</b>      | <b>Puntaje</b> |
| Menos de 4 horas                                    | 1              |
| Entre 4 y 8 horas                                   | 2              |
| Entre 9 y 24 hora                                   | 4              |
| Más de 24 horas                                     | 6              |
| <b>4. Impacto sobre la producción. (Por fallas)</b> | <b>Puntaje</b> |
| No afecta la producción                             | 0,05           |
| 25% de impacto                                      | 0,3            |
| 50% de impacto                                      | 0,5            |
| 75% de impacto                                      | 0,8            |





|   |                |
|---|----------------|
| la afecta totalmente                            | 1              |
| <b>4. Costo de reparación. (CR)</b>             | <b>Puntaje</b> |
| Menos de 230 CUP                                | 3              |
| Entre 230y 460 CUP                              | 5              |
| Entre 460 y 920 CUP                             | 10             |
| Más de 920 CUP                                  | 15             |
| <b>5. Impacto al Medio Ambiente. (IMA)</b>      | <b>Puntaje</b> |
| Si  | 30             |
| No  | 0              |
| <b>6. Impacto a la seguridad personal (ISP)</b> | <b>Puntaje</b> |
| Si  | 35             |
| No  | 0              |

### Diagrama Causa – Efecto

Buena parte del éxito en la solución de un problema está en la correcta elaboración del Diagrama de Causa y Efecto, para una correcta construcción se recomienda seguir un proceso ordenado, con la participación del mayor número de personas involucradas en



el tema de estudio. El Doctor Kaoru Ishikawa sugiere la siguiente clasificación para las causas primarias:

Esta clasificación es la más ampliamente difundida y se emplea preferiblemente para analizar problemas de procesos y averías de equipos; pero pueden existir otras alternativas para clasificar las causas principales, dependiendo de las características del problema que se estudia.

#### **Causas debidas a la materia prima.**

Se tienen en cuenta las causas que generan el problema desde el punto de vista de las materias primas empleadas para la elaboración de un producto. Por ejemplo: causas debidas a la variación del contenido mineral, pH tipo de materia prima, proveedor, empaque, transporte, etc. Estos factores causales pueden hacer que se presente con mayor severidad una falla en un equipo.

#### **Causas debidas a los equipos.**

En esta clase de causas se agrupan aquellas relacionadas con el proceso de transformación de las materias primas como las máquinas y herramientas empleadas, efecto de las acciones de mantenimiento, obsolescencia de los equipos, cantidad de herramientas, distribución física de estos, problemas de operación, eficiencia, etc.

#### **Causas debidas al método.**

Se registran en esta espina las causas relacionadas con la forma de operar el equipo y el método de trabajo. Son numerosas las averías producidas por estrelladas de los equipos, deficiente operación y falta de respeto a los estándares de capacidades máximas.[15]

#### **Causas debidas al factor humano.**

En este grupo se incluyen los factores que pueden generar el problema desde el punto de vista del factor humano. Por ejemplo, falta de experiencia del personal, salario, grado de entrenamiento, creatividad, motivación, pericia, habilidad, estado de ánimo, etc.[15]

Debido a que no en todos los problemas se pueden aplicar las anteriores clases, se sugiere buscar otras alternativas para identificar los grupos de causas principales. De la experiencia se ha visto frecuentemente la necesidad de adicionar las siguientes causas primarias:

#### **Causas debidas al entorno.**

Se incluyen en este grupo aquellas causas que pueden venir de factores externos como contaminación, temperatura del medio ambiente, altura de la ciudad, humedad, ambiente laboral, etc.

Causas debidas a las mediciones y metrología.

Frecuentemente en los procesos industriales los problemas de los sistemas de medición pueden ocasionar pérdidas importantes en la eficiencia de una planta.

Es recomendable crear un nuevo grupo de causas primarias para poder recoger las causas relacionadas con este campo de la técnica, por ejemplo: descalibraciones en equipos, fallas en instrumentos de medida, errores en lecturas, deficiencias en los sistemas de comunicación de los sensores, fallas en los circuitos amplificadores, etc.[18]

### **3- Resultados**



## Construcción del Diagrama Ishikawa. Argumentación de las causas

### Operaciones

- **Disciplina operacional**

Se incumplen los recorridos e inspecciones por parte de los operadores de los centros colectores, lo que imposibilita la detección en tiempo de problemas que afectan la buena operación de la unidad de bombeo.

Uno de estos problemas es el aumento de la carga de forma inesperada. La comprensión a este fenómeno se encuentra en el entendimiento del comportamiento de los pozos petroleros, en numerosas ocasiones se escucha decir: “los pozos petroleros se comportan como organismos vivos” esto ocurre por un aumento en la producción de crudo inesperado, al aumentar el mismo la bomba extraerá más, lo que hace que aumente el tonelaje; es decir, los cables estarán sometidos a mayores tensiones y este aumento traerá consigo el estiramiento permanente e los cables y su posterior rotura.

Otra deficiencia detectada fue la existencia de atraso” en las unidades de bombeo. Esta anomalía aparece cuando se detienen por un tiempo considerable( más de 24 horas) las unidades de bombeo, producto a que no se garantizan acciones inmediatas que permitan mejorar las características (viscosidad y densidad) del crudo existente en el yacimiento, mediante la inyección de nafta, otros solventes, ácidos y vapor lo cual favorece el proceso extractivo. Esto trae consigo que se pierda el sincronismo entre la sarta de varilla y la bomba con la unidad de bombeo, lo que provoca un tirón violento en los cables de sujeción, que se flexionaron producto de la anomalía explicada.

Mantenimiento

- **Manipulación de los cables**

Existen dificultades en los procesos de traslado de los rollos de cables debido a la inexistencia de montacargas, lo que provoca que los mismos se rueden hasta el lugar de almacenamiento, ocasionando esto que el enrollado se afloje y se afecte la integridad de los alambres y su perfecta disposición en la sección del cable. Así como afectación por golpes durante el transporte.

- **Operaciones en el Taller**

En el almacenamiento se puede señalar que aunque se realiza bajo techo existen deficiencias en su cuidado. El rollo que se esté utilizando es depositado en cualquier lugar del taller, en ocasiones, cerca de equipos de soldar y de derrames de combustibles, atentando estos contra las propiedades de los cables sobre todo las anticorrosivas. También al utilizarlo desenrollan una parte, sin tener en cuenta la que necesitan y por demás, el resto lo dejan sin tensar, lo que puede provocar torsiones en el cable y que las adujas del mismo se solapen y entrecrucen, ocasionando el aplastamiento y deformación de los cordones. A demás hay afectaciones en el cuidado de su identificación.

- **Montaje**

En el campo se aprecia, en algunas unidades de bombeo, una mala ubicación de los contrapesos, el inadecuado contrabalanceo genera cargas desiguales en la caja reductora y en el motor entre cada recorrido ascendente y descendente, originando cargas muy altas y



excesivos requerimientos de potencia. Originando fallas en los cojinetes, bielas, engranajes, correas y cables. Una unidad debidamente contrabalanceada tiene un torque máximo igual en el recorrido ascendente y descendente.

- **Preservación**

Por último es necesario agregar otro aspecto: el deficiente mantenimiento a los cables, a estos no se les realiza una limpieza con cepillo de acero para eliminar la corrosión e impurezas, y se le aplica grasa gorda provocando esto que no se lubrique el corazón del cable y se adhieran basuras con más facilidad

Factor Humano

En este parámetro se propuso como instrumento de investigación la aplicación de una encuesta para medir la satisfacción del cliente interno, la cual no pudo ser aplicada por no ser autorizada por la dirección de la UBE de Mantenimiento. Ver anexos

La no aplicación de la misma obstaculizó la profundización en la investigación de las causas. No obstante se pudo constatar:

- **Inexperiencia laboral por fluctuación de la fuerza trabajo**

Una de las causas que la provoca es la realización de una compleja tarea, ya que el operador debe ejecutar recorridos continuos por las unidades de bombeo en bicicleta, varias veces al día, sin importar las condiciones climáticas, es válido aclarar que existe también un turno nocturno, en el cual se repiten las mismas operaciones antes mencionadas.

- **Inexperiencia laboral por una ineficiente capacitación**

A la empresa ingresan operadores que posterior a los cursos de capacitación brindados, examinan una unidad de bombeo y no son capaces de detectar deficiencias o problemas que se perciben a simple vista, ocurriendo esto con alta frecuencia, es evidente que este elemento tiene origen debido a que la capacitación es insuficiente.

- **Motivación**

Aunque los expertos no se pronunciaron sobre este aspecto se hace evidente que en las motivantes existen carencias de acciones.

➤ **Tecnología**

- **Corrosión atmosférica**

Dada las peculiaridades geográficas de la Isla de Cuba, larga y estrecha, se considera que es notable la influencia que ejercen los iones cloruro contenidos en el aerosol marino y la alta humedad relativa sobre la velocidad de corrosión del acero

Una investigación realizada en un periodo de tres años por el Centro de Investigación del Petróleo sobre el tema Agresividad Atmosférica sobre Diferentes Materiales en EPEP-C divide a la zona en dos áreas, en una de muy alta agresividad y la otra de mediana agresividad. Existiendo por este fenómeno una gran concentración de contaminantes cloruros en el aerosol marino en las unidades de bombeo que en ocasiones se encuentran a menos de 30 metros del mar.

Así mismo se señala el rol que juegan los iones sulfato en el mecanismo de la corrosión atmosférica, ya que existen concentraciones 12.01 mg/m<sup>3</sup> por lo que este contaminante es determinante en la velocidad de corrosión.



La Humedad Relativa Crítica (HRC), es el valor de humedad a la cual ocurre el proceso de condensación, que depende en general del metal y de los contaminantes presentes. El criterio aceptado internacionalmente plantea para el acero una HRC igual o superior al 70%.

La humedad promedio en Cuba es superior a 80% de HR, lo que provoca que las superficies metálicas se encuentren humectadas durante casi todo el año, favoreciendo la corrosión atmosférica, que tiene lugar a partir de 70% de HR.

La presencia del aerosol marino sobre la superficie metálica, en presencia de humedad, contribuye al aumento de la conductividad y a que se desarrollen los ciclos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos, que a su vez dan lugar a la presencia de ácido clorhídrico y ácido sulfúrico que atacan al metal.

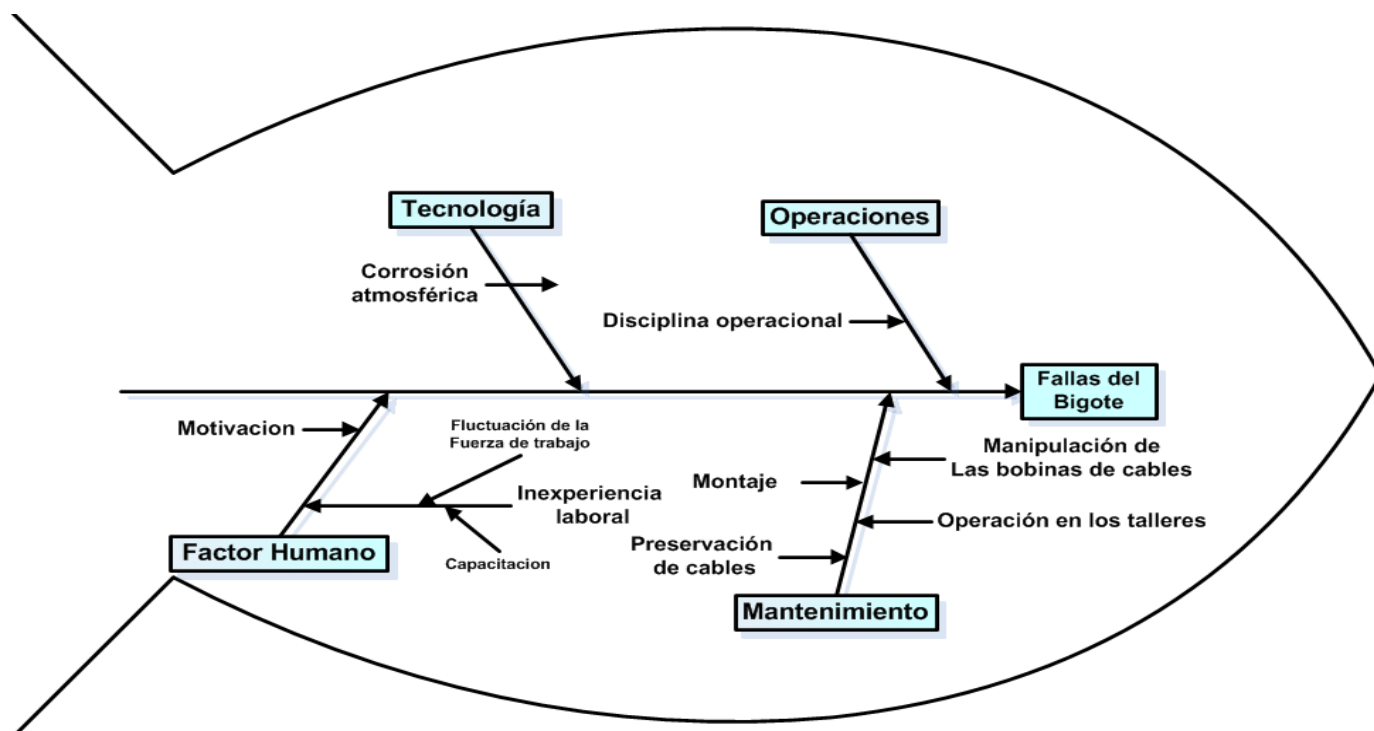


Ilustración 1: Diagrama Ishikawa  
Fuente: Elaboración propia

## Propuesta de mejoras

### A. Operaciones

Incorporar en el historial de falla de cada unidad de bombeo el largo del cable utilizado como cabresto

### B. Mantenimiento



**Procedimiento: Traslado del cable del Almacén hasta el Área de Trabajo en el taller donde será utilizado.**

1. Colocar en posición horizontal el eje del carrete.
2. Pasar un tubo reforzado de un diámetro superior a dos y media pulgada y de una longitud de dos metros por el centro del carrete que se encuentra en el almacén.
3. Izar el carrete por los extremos del tubo y depositarlo en el camión.
4. Calzar con calzos de madera el carrete.
5. Amar el carrete y el tubo para limitar sus desplazamientos.
6. Repetir el proceso de izaje para su ubicación en el taller.
7. Ubicar el carrete en un dispositivo creado acorde a sus características, el cual de encontrarse bajo techo
8. Aplicar en los primeros quince metros del cable la grasa semisólida conservante y lubricante DISTIN 314.
9. Mantener siempre esa longitud de cable conservada y en un período de tres meses si no se ha utilizado el cable repetir el paso seis.

**Procedimiento: Acciones de limpieza de los cables in situ.**

1. Accionar el interruptor de la unidad de bombeo para su apagado.
2. Frenar la unidad de bombeo, garantizando que el cabezal de la unidad de bombeo quede en la posición de bajada.
3. Apoyar una escalera en el cabezal de la unidad de bombeo.
4. Retirar con estopa y desengrasante todo el resto de grasa que posea el cable.
5. Limpiar con cepillo de alambre (de mano) el cien por ciento del cable. (Puede variar el tipo de cepillo).
6. Limpiar con estopa los restos de limallas.
7. Aplicar desde la parte superior del cable la grasa semisólida conservante y lubricante DISTIN 314, empleando una brocha de dos y media pulgada.
8. Retirar la escalera.
9. Quitar los frenos.
10. Limpiar el área de trabajo.
11. Arrancar la unidad de bombeo y salir de la instalación.

**Factor Humano**

En el mantenimiento, sin duda, existe en el país, múltiples aspectos motivacionales, entre ellos, la priorización de la actividad, los problemas salariales y de capacitación. Son elementos que deben ser atenuados.

**Tecnología**

Con la utilización del DISTIN 314 se disminuye los daños por corrosión atmosférica



## Costos de las mejoras propuestas

Durante la investigación y a partir de los resultados alcanzados fueron propuestos dos procedimientos: (1) Procedimiento para la Conservación del Cable y (2) Procedimiento de Mantenimiento al Cable, con el objetivo fundamental de mejorar el estado de los cables que son empleados como cabrestos. Para la aplicación de estos procedimientos se demandan recursos que son necesarios para el cumplimiento de cada una de las acciones que los comprende, se tendrá en cuenta para el cálculo de los costos de mejoras solo las nuevas acciones de mejoras. Se muestra, con ayuda de la tabla, el costo de implementación de la propuesta de mejoras a continuación:

Tabla 5: Costo de implementación de la propuesta de mejoras

Fuente: Elaboración propia

| Procedimientos  | Acción de mejora                                      | Recursos                             |  |                |
|---|---|--------------------------------------|--|----------------|
|   |   | Materiales:                          | Cantidad:  | Precios        |
| Traslado del cable del Almacén hasta el Área de Trabajo en el taller donde será utilizado (1) | Crear un dispositivo para el almacenamiento del cable | Tubos de Acero Reforzado de 6m largo | 2.5 tubos  | 197.92 CUC     |
|   |   | Electrodo 7018-32mm                  | 5 Kg   | 2.68 CUP       |
|   |   | Disco desbastador de 180             | 1 unidad   | 3.74 CUP       |
|   |   | Oxígeno                              | (0.25 de un botellón)                                    | 14.16 CUP      |
|   |   | Acetileno                            | (0.08 de un botellón)                                    | 69.91 CUP      |
|   |   | <b>Mano de Obra:</b>                 | <b>Cantidad</b>  | <b>Importe</b> |
|   |   | Soldador A                           | 1  | 40.08          |
|   |   | Pailero B                            | 1  | 44.72          |
|   |   | <b>Costo de la Mejora</b>            | <b><math>\Sigma</math> Cantidad * (Precio o Importe)</b> |                |
|   | <b>Materiales</b>                                     | <b>Cantidad</b>                      | <b>Precios</b>   |                |



|   |   |  |                 |                   |
|---|---|--|-----------------|-------------------|
| Traslado del cable del Almacén hasta el Área de Trabajo en el taller donde será utilizado (1) | lizar y transportar el rollo de cable                 | Tubos de Acero reforzado de 6m         | ½ tubos         | 197.92CUC         |
|   |   | Calzos de Madera                       | 4 unidad        | 6.8 CUP           |
|   |   | <b>Mano de obra:</b>                   | <b>Cantidad</b> | <b>Importe</b>    |
|   |   | Chofer B(Camión)                       | 1               | 5.76CUP           |
|   |   | Gruero(GRÚA20T)                        | 1               | 50CUP             |
|   |   | Ayudante                               | 1               | 4.70CUP           |
| <b>Costo de la Mejora</b>   |   | <b>∑ Cantidad * (Precio o Importe)</b> |                 | <b>186.62UM</b>   |
| Traslado del cable del Almacén hasta el Área de Trabajo en el taller donde será utilizado (1) | Aplicar en los primeros 15m del cable el "Distin 314" | <b>Materiales</b>                      | <b>Cantidad</b> | <b>Precios</b>    |
|   |   | Distin 314                             | 1 Kg            | 3.97 CUP          |
|   |   | Brocha de 2 y ½ plg                    | 1 unidad        | 3.02 CUP          |
|   |   | <b>Mano de Obra</b>                    | <b>Cantidad</b> | <b>Importe</b>    |
|   |   | Ayudante                               | 1               | 1.15 CUP          |
| <b>Costo de la Mejora</b>   |   | <b>∑ Cantidad * (Precio o Importe)</b> |                 | <b>8.14 UM</b>    |
| Acciones de limpieza de los cables in situ (2)  | Limpiar el bigote                                     | <b>Materiales</b>                      | <b>Cantidad</b> | <b>Precios</b>    |
|   |   | Estopa                                 | 1 Kg            | 1.7 CUP           |
|   |   | Desengrasante                          | 1 litro         | 3.33 CUP          |
|   |   | Cepillo metálico de mano               | 1 unidad        | 8.026 CUC         |
|   |   | Brocha de 2 y ½ pul                    | 1 unidad        | 3.02 CUP          |
|   |   | Distin 314                             | 1 Kg            | 3.97 CUP          |
|   |   | Escalera                               | 1 unidad        | 40.59 CUP         |
|   |   | <b>Mano de obra</b>                    | <b>Cantidad</b> | <b>Tarifa/HT</b>  |
|   |   | Ayudante                               | 1               | 4.70              |
| <b>Costo de la Mejora</b>   |   | <b>∑ Cantidad * (Precio o Importe)</b> |                 | <b>65.336 UM</b>  |
| <b>Total de costo de mejora</b>   |   | <b>∑ Costo de las Mejoras</b>          |                 | <b>852.096 UM</b> |





## Impacto económico de las propuestas de mejoras

En ocasiones se toman decisiones apresuradas respecto a una compra, inversión o manera de ejecutar un proceso o actividad, lógicamente intervienen en ella muchos factores: conocimientos, habilidades, partes interesadas, beneficios que se obtendrán, recursos que se perderán, el entorno en que se desarrolle, las leyes, entre otras, sin embargo no se tiene idea cuanto puede perderse si esta decisión o propuesta resulta ser errada.

Es por ello que a pesar de haber demostrado que las propuestas de mejoras disminuyen el tiempo de parada, repercutiendo esto, en que se logre un aumento de la producción nos proponemos determinar las utilidades que traerían la implementación de las propuestas de mejoras para tener completa seguridad en la factibilidad de las propuestas de mejoras.

*Ecuación 6: Cálculo de las utilidades*

*Fuente: Elaboración propia*

$$\text{Ingresos}_{\text{obtenidos por mejoras}} - \text{Costos}_{\text{por aplicación de mejoras}} = \text{Utilidades}$$

*Tabla 6: Cálculo de las utilidades*

*Fuente: Elaboración propia*

| <i>Ingresos</i> <sub>obtenidos por mejoras</sub> | <i>Costos</i> <sub>por aplicación de mejoras</sub> | <i>Utilidades</i> |
|--|--|-------------------|
| 11637.24 UM                                      | 852.096UM  | 10785.144 UM      |

Al obtener 10785.144 UM en utilidades demostramos que económicamente es factible aplicar las propuestas de mejoras

## 4- Conclusión

### Conclusiones

- Se cumplió el objetivo del trabajo al determinar las acciones de mejoras para disminuir en un 40% la frecuencia de falla en el cabresto de las unidades de bombeo convencionales de EPEP-C.
- Se validó la idea a defender aplicando herramientas adecuadas que permitieron realizar propuesta de mejoras para disminuir la frecuencia de aparición de fallas en las unidades de bombeo
- Se determinaron dos procedimientos como acciones de mejoras para disminuir la frecuencia de falla en el bigote de las unidades de bombeo convencionales: Acciones de limpieza de los cables in situ y Traslado del cable del Almacén hasta el Área de Trabajo en el taller donde será utilizado. La aplicación de estos procedimientos disminuyeron los tiempos de paradas en 160 horas, lo que repercute en el aumento de la producción en 50.76 toneladas de crudo.
- Con la aplicación de las mejoras el costo de mantenimiento ascenderá a 852.096 UM, y se podrán obtener 15990.254 UM de utilidades.



### Recomendaciones:

- Hacer extensiva la aplicación de la investigación a las demás fallas de las unidades de bombeo.
- Analizar las causas de fallas a las que no se le dieron solución para determinar si es factible su implementación tanto desde el punto de vista técnico como económico.

## 5- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



---

*CD de Monografías 2016*  
(c) 2016, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”  
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

1. S.A., C.Y.E. *CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS QUE DEFINEN LOS CABLES DE ACERO*. 2010.
2. IPH SAICF.Planta San Miguel, P.d.B.A., Argentina., *GUÍA DE CONSULTA PARA IZAJE GENERAL.Cables de Acero | Eslingas | Accesorios*. [www.iph.com.ar](http://www.iph.com.ar), Agosto/2012.
3. IPH SAICF.Planta San Miguel, P.d.B.A., Argentina., *Cables para Equipos Petroleros de Torre*, in *Cables de acero para la INDUSTRIA PETROLERA*. Septiembre 2011: Buenos Aires. Argentina.
4. IPH SAICF.Planta San Miguel, P.d.B.A., Argentina., *Cables de acero de ALTA PERFORMANCE*. Octubre/2009.
5. IPH SAICF.Planta San Miguel, P.d.B.A., Argentina., *Cables de acero para uso general*. Marzo/2011.
6. LTD., W.I., *POWERSTRAND WIRE ROPE*. 2004.
7. Mendoza, I.R.H., *EL ANALISIS DE CRITICIDAD, UNA METODOLOGIA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL* Club de Mantenimiento, 2012.
8. Edwin Gutiérrez, M.A., Ivaneska Calixto,, *ANÁLISIS DE CRITICIDAD INTEGRAL DE ACTIVOS*°. R2M. S.A Reliability and Risk Management. , 2007.
9. calidad, S.l.p.l., *Diagrama Causa-Efecto*. 2000.
10. Zulma Ortiz, M.E.E., Elsa Andina., *El Análisis Causa-Raíz (ACR). Instrumento para la búsqueda e implementación de soluciones para evitar las muertes maternas, fetales y neonatales*. Noviembre 2011 ed. 2011.
12. MARTÍNEZ, J.A.R., *MANUAL DE SELECCIÓN DE UNIDADES DE BOMBEO MECÁNICO DEL ACTIVO DE PRODUCCIÓN POZA RICA REGIÓN NORTE*°, FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. 2001, UNIVERSIDAD VERACRUZANA: México.
13. Fernández, A.A.G., *Análisis Causa Raíz de la falla más crítica presente en los intercambiadores de calor de la Refinería Níco López.*, in *FACULTAD DE INGIENERÍA MECÁNICA CENTRO DE ESTUDIOS EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO*. 2013, ISPJAE-CUJAE: La habana.
14. Francisco Antonio Alvarez Lacayo, J.M.V.C., *Análisis de fallo en los sistemas de bombeo mecánico del campo Cantagallo*, in *Escuela de ingeniería de petróleos. Facultad de ingenierías fisicoquímicas*. 2008, Universidad industrial de Santander: Bucaramanga.
15. UNATSABAR, O.C., *GUÍAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RESERVORIOS ELEVADOS Y ESTACIONES DE BOMBEO* 2005: Lima, Perú.
17. autor, S., *APLICACIÓN DEL CRITERIO DE EXPERTOS PARA DEFINIR LAS ÁREAS DE ACTUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, SUS FUNCIONES Y RESPECTIVOS PESOS*. . 2010.

## **SOBRE LOS AUTORES**

El autor principal de este trabajo es Erik Perdomo García estudiante de quinto año de ingeniería mecánica de la universidad José Antonio Echeverría. La investigación presente se desarrolló en la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro en conjunto con el Centro de Estudio e Investigación de Mantenimiento



## Bibliografía (Ejemplo Norma ISO)

JACK, H. *Engineer On A Disk - Manufacturing Integration and Automation* [on-line], 2003 [citado: marzo 30 de 2010], Grand Valley State University, Allendale, MI (USA) Disponible en: <http://claymore.engineer.gvsu.edu/eod/pdf/automate.pdf>.

ÖZEL, T.; NADGIR, A. Prediction of flank wear by using back propagation neural network modeling when cutting hardened H-13 steel with chamfered and honed CBN tools, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2002, 42 (3), p. 287 - 297.

TÁPANES, R. *Aplicación de la optimización multiobjetivo del proceso de torneado*, 83 h. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Matanzas (Cuba). 2005.

TROTT, A.R.; WELCH, T. *Refrigeration and air-conditioning* (Third edition), Butterworth-Heinemann, Oxford, 2000.

Recuerde respetar el orden alfabético de entrada de autores.

Puede usar en el documento electrónico la palabra **descargado** o también **consultado**

Un error muy frecuente en Monografías es el uso de las comillas en los títulos de los documentos que se reflejan en la bibliografía, lo cual no está establecido en la Norma ISO.

