

**EVALUACION TECNICO FINANCIERA DE LA RESISTENCIA DEL  
FOSFATADO EN CALIENTE COMO MATERIAL DE RECUBRIMIENTO EN LAS  
CONEXIONES DE LOS ESTABILIZADORES TUBULARES DE LA TUBERIA DE  
PERFORACION**

**INGRID PAOLA BERNAL ROJAS**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA INGENIERIA DE PETRÓLEOS  
BOGOTA D.C  
2018**

**EVALUACION TECNICO FINANCIERA DE LA RESISTENCIA DEL  
FOSFATADO EN CALIENTE COMO MATERIAL DE RECUBRIMIENTO EN LAS  
CONEXIONES DE LOS ESTABILIZADORES TUBULARES DE LA TUBERIA DE  
PERFORACION**

**INGRID PAOLA BERNAL ROJAS**

**Proyecto Integral de Grado para optar el título de  
INGENIERO DE PETÓLEOS**

**Director  
Edward Libardo Ravelo Torres  
Ingeniero Industrial**

**Orientador  
Alberto Ríos Gonzales  
Ingeniero de Petróleos**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA INGENIERIA DE PETROLEOS  
BOGOTA D.C.  
2018**

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

ALBERTO RIOS GONZALEZ

---

MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ

---

JUAN DAVID RENGIFO

Bogotá D.C, Mayo de 2018

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. JAIME POSADA DÍAZ**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrados

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Secretario General

**Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA – PEÑA**

Decano de la Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director del Programa de Ingeniería de Petróleos

**Ing. JOSE HUMBERTO CANTILLO SILVA**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores del presente trabajo de grado brindan sus agradecimientos a las siguientes personas y entidades:

A la empresa Superior Energy Services por abrir sus puertas para llevar a cabo este proyecto, en especial al ingeniero Edward Ravelo Torres, por brindar la información y asesoría.

Al ingeniero Alberto Ríos González por su asesoría en la etapa del desarrollo del trabajo de grado, por su paciencia y tiempo prestado.

Finalmente, a las personas que de manera directa e indirecta aportaron su colaboración para que éste proyecto fuera hecho realidad.

## DEDICATORIA

*Primero quiero agradecer a Dios, por brindarme la sabiduría para que esto fuera posible.*

*A Salomé y Santiago, quienes son mi mayor inspiración y la razón de mi vida.*

*A mi madre de quien tengo la admiración total, la que confió en mí y nunca me cerró las puertas, a ella infinitas gracias.*

**PAOLA**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	18
<b>OBJETIVOS</b>	19
<b>1. GENERALIDADES</b>	20
1.1 ESTABILIZADORES	20
1.1.1 Tipos de estabilizadores	21
1.1.1.1 Estabilizadores de manga	21
1.1.1.2 Estabilizadores de hojas soldadas	21
1.1.1.3 Estabilizadores de hojas intergradadas	22
1.2 CONEXIONES	23
1.2.1 Componentes	23
1.2.2 Tipos de conexiones	24
1.2.3 Metal: Acero 4145H	25
1.3 PRINCIPIOS DE CORROSION	25
1.3.1 Tipos de corrosión	26
1.3.1.1 Clasificación según el medio	27
1.3.1.2 Clasificación según la forma	27
1.3.2 Clasificación en los equipos de petróleo y gas	29
1.3.2.1 Corrosión dulce	29
1.3.2.2 Corrosión agria	29
1.3.2.2 Corrosión por oxígeno	29
1.4 EL FOSFATADO	30
1.4.1 Historia y desarrollo del proceso de fosfatado	30
1.4.2 Química de fosfatación	32
1.4.3 Aceleración del proceso de fosfatación	33
1.4.3.1 Aceleración química	33
1.4.3.2 Aceleración mecánica	33
1.4.3.3 Aceleración electroquímica	34
<b>2. RECUBRIMIENTO</b>	35
2.1 CONDICION DE PROCESO	35
2.1.1 Temperatura	35
2.1.2 Tiempo	35
2.1.3 pH	35
2.2 ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO DE FOSFATO	35
2.2.1 Tipos de recubrimiento de fosfato	36
2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMACION DEL RECUBRIMIENTO	37
2.3.1 Composición del metal	37
2.3.2 Características físicas del metal	37
<b>3. PROCESO TRADICIONAL DE LA EMPRESA SUPERIOR ENERGY</b>	39
3.1 FOSFATO EN FRIO	39

3.2 MATERIA PRIMA	40
3.3 PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO CON FOSFATO EN FRIO	40
3.4 FACTOR DE DESGASTE	41
3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FOSFATO EN FRIO	41
<b>4. PROCESO ACTUAL DE LA EMPRESA SUPERIOR ENERGY</b>	<b>42</b>
4.1 CONTROL Y CORRECCION DEL BAÑO DE FOSFATACION	42
4.1.1 Proceso	42
4.1.1.1 Fase1: Desengrasante	43
4.1.1.2 Fase2: Agua	43
4.1.1.3 Fase3: Fosfatización	44
4.2 ANALISIS Y PRUEBAS DE LABORATORIO	46
4.2.1 Pruebas de laboratorio	47
4.2.1.1 Determinación del contenido de hierro	47
4.2.1.2 Determinación de la acidez total	52
4.2.1.3 Determinación de la acidez libre	52
4.2.1.4 Analisis del desengrasante	54
4.2.1.5 Prueba de pH	56
4.2.2 Resultados pruebas de laboratorio	56
4.3 PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO CON FOSFATO EN CALIENTE	58
4.3.1 Descripción de la rutina	59
4.3.1.1 Proceso	63
4.4 CONTROL PARA APLICACIÓN DEL FOSFATO	66
4.5 MEDICION DEL FACTOR DE DESGASTE	72
4.6 EFICIENCIA DEL RECUBRIMIENTO DE FOSFATO EN CALIENTE	72
<b>5. ESTUDIO FINANCIERO</b>	<b>74</b>
5.1 ANALISIS DE COSTOS DE INVERSION (CAPEX)	74
5.2 ANALISIS DE COSTOS DE OPERACION (OPEX)	75
5.3 ANALISIS DE INGRESOS	75
5.4 EVALUACION FINANCIERA	76
5.4.1 Tasa de interés de oportunidad	77
5.4.2 Flujo de caja	78
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>79</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Estabilizador de manga	20
<b>Figura 2.</b> Estabilizador de hojas soldadas	21
<b>Figura 3.</b> Estabilizador de hojas integradas	22
<b>Figura 4.</b> Conexión caja	23
<b>Figura 5.</b> Conexión pin	24
<b>Figura 6.</b> Propiedades y composición acero 4145H	25
<b>Figura 7.</b> Tipos de corrosión localizada	29
<b>Figura 8.</b> Superficie limpia	38
<b>Figura 9.</b> Tanques del proceso de fosfato	46
<b>Figura 10.</b> Contenido de hierro adición del fosfato y titulante	48
<b>Figura 11.</b> Adición a la bureta de Dicromato de potasio	48
<b>Figura 12.</b> Titulación con la bureta	49
<b>Figura 13.</b> Cambio de color de verde a morado	49
<b>Figura 14.</b> Bureta con hidroxido de sodio	50
<b>Figura 15.</b> Titulación para acidez total	51
<b>Figura 16.</b> Cambio de acidez para acidez total	51
<b>Figura 17.</b> Erlenmeyer con baño de fosfato y gotas de azul de brumofenol	52
<b>Figura 18.</b> Titulación acidez libre	53
<b>Figura 19.</b> Cambio de color para acidez libre	53
<b>Figura 20.</b> Baño de desengrasante en el erlenmeyer	54
<b>Figura 21.</b> Desengrasante con fenolftaleína	55
<b>Figura 22.</b> Titulación del desengrasante	55
<b>Figura 23.</b> Comprobación del pH	56
<b>Figura 24.</b> Conexión después de la limpieza	60
<b>Figura 25.</b> Monitoreo de temperatura	60
<b>Figura 26.</b> Conexión sumergida en el tanque de desengrasante	61
<b>Figura 27.</b> Conexión sumergida en el tanque de agua	61
<b>Figura 28.</b> Conexión sumergida en el tanque de fosfato	62
<b>Figura 29.</b> Herramienta retirada hacia el caballete	62
<b>Figura 30.</b> Conexión fosfatada	63
<b>Figura 31.</b> Primer ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento	67
<b>Figura 32.</b> Segundo ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento	68
<b>Figura 33.</b> Tercer ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento	68
<b>Figura 34.</b> Cuarto ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento	68
<b>Figura 35.</b> Primer ángulo de medición a la conexión después del tratamiento	69
<b>Figura 36.</b> Segundo ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento	70
<b>Figura 37.</b> Tercer ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento	70
<b>Figura 38.</b> Cuarto ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento	71
<b>Figura 39.</b> Flujo de caja	76

## LISTA DE CUADROS

	pág.
<b>Cuadro 1.</b> Clasificación según el medio	27
<b>Cuadro 2.</b> Corrosión localizada	27
<b>Cuadro 3.</b> Historia del proceso de fosfatación	31

## LISTADO DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Mediciones de la conexión en frío	41
<b>Tabla 2.</b> Resultados primera prueba de laboratorio	56
<b>Tabla 3.</b> Resultados segunda prueba de laboratorio	57
<b>Tabla 4.</b> Resultados tercera prueba de laboratorio	57
<b>Tabla 5.</b> Resultados cuarta prueba de laboratorio	58
<b>Tabla 6.</b> Inicio control para aplicación de fosfato	64
<b>Tabla 7.</b> Segundo control para aplicación de fosfato	65
<b>Tabla 8.</b> Tercer control para aplicación de fosfato	66
<b>Tabla 9.</b> Mediciones de las conexiones	71
<b>Tabla 10.</b> Comparación del fosfato en frío y caliente	72
<b>Tabla 11.</b> Costos de inversión	73
<b>Tabla 12.</b> Costos de operación	74
<b>Tabla 1.</b> Ingresos	74

## LISTADO DE ECUACIONES

	pág.
<b>Ecuación 1.</b> Calculo de la concentración del desengrasante	43
<b>Ecuación 2.</b> Calculo de la concentración del fosfato	44
<b>Ecuación 3.</b> Calculo del porcentaje de hierro	50
<b>Ecuación 4.</b> Formula del WACC	75
<b>Ecuación 5.</b> Calculo de tasa mensual	75
<b>Ecuación 6.</b> VP ingresos	76
<b>Ecuación 7.</b> VP egresos	76
<b>Ecuación 8.</b> Ecuación relación beneficio-costo	77
<b>Ecuación 9.</b> Valor beneficio-costo	77

## LISTADO DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Imprimato inorganico de zinc	83
<b>Anexo B.</b> Bonderite C-AK 7163	92
<b>Anexo C.</b> Parco Lubrite 2	103

## GLOSARIO

**ACIDEZ LIBRE:** es la medida de la concentración de hidrogeniones libres y también de la fuerza con que la base está unida al protón. Su valor depende de la constante de disociación, temperatura, la presencia de otros iones en la solución y la concentración.

**ACIDEZ TOTAL:** la acidez total se define como la suma de los ácidos en estado libre que existen en una solución y que sean valorables, cuando se realiza la neutralización hasta  $\text{Ph}=7,0$ , por adición de una disolución alcalina. La determinación de la acidez total se realiza en la práctica mediante valoración ácido-base, utilizando como reactivo valorante una base fuerte como es el hidróxido sodio (NaOH), y tomando como punto de equivalencia  $\text{Ph}=7,0$ .

**API:** Instituto Americano del Petróleo.

**BAÑO DE FOSFATIZACIÓN:** método de conversión de superficies metálicas ferrosas mediante tratamiento químico en soluciones de ácido fosfórico para obtener una capa micro cristalina de fosfatos metálicos insolubles.

**CORROSIÓN METÁLICA:** es un proceso electroquímico de deterioro a que se induce un material metálico cuando se expone a ambientes reactivos tales como agua, vapor de agua o agentes químicos.

**DESENGRASE:** operación destinada a eliminar las grasas, aceites y suciedad existente en la superficie de las piezas.

**ENJUAGUES:** operación que separa las etapas de desengrase y fosfatado con el fin de limpiar la pieza para evitar mezclas de soluciones químicas. Se utiliza agua industrial para tal fin.

**RECUBRIMIENTO O REVESTIMIENTO:** película adherida al metal que da ciertas características.

**RECUBRIMIENTO DE CONVERSIÓN O FOSFATIZACIÓN:** es la aplicación al substrato de una capa de fosfato de hierro o zinc.

**RESISTENCIA A LA CORROSIÓN:** propiedad que proporciona el pretratamiento del metal y la aplicación del revestimiento orgánico. Se lleva a cabo para test en la cámara salina.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se desarrolló un método de recubrimiento para las conexiones de los estabilizadores tubulares a través de la implementación de un producto químico llamado Parco lubrite 2 (Fosfato) que al ser expuesto a altas temperaturas se adhiere al metal con facilidad y permite que éste ayude a evitar la corrosión y por ende a alargar la vida útil del estabilizador.

Este proyecto hace una recopilación breve de los tipos de estabilizadores, sus funciones y una explicación del principal problema que llevo a la realización de este trabajo como lo es la corrosión, los tipos de corrosión existentes en la industria petrolera y que afectan de manera directa a las herramientas.

Para el análisis de la calidad del fosfato se tomaron en cuenta los resultados de las diferentes pruebas de laboratorio realizadas a éste con la adición de productos químicos, tales como el porcentaje de hierro, acidez libre y acidez total con el fin de comprobar que el fosfato principal producto de recubrimiento cumpliera con los rangos establecidos para ser de buena calidad.

Se realiza el proceso de recubrimiento después de la comprobación de la calidad del fosfato, indicando paso a paso el procedimiento y las condiciones para que éste proceso saliera en óptimas condiciones, después de realizado el recubrimiento se prosigue a medir que tanto aumenta la conexión para luego determinar el factor de desgaste después de que la herramienta llega de pozo.

Para finalizar, se lleva a cabo la evaluación financiera del proyecto mediante la metodología beneficio/costo, donde se tiene en cuenta los costos de inversión del proyecto.

### **PALABRAS CLAVE**

Corrosión  
Fosfato en Caliente  
Estabilizador  
Recubrimiento  
Conexiones

## INTRODUCCION

Los estabilizadores tiene la función de centrar la tubería, mantener la dirección programada del pozo y estabilización del mismo evitando el pandeo de la toda la herramienta de perforación, por esto es importante mantener ésta herramienta con el mayor rendimiento posible, alargando su vida útil y brindarle un mantenimiento óptimo. Para ello se debe evitar la corrosión que es muy evidente en las herramientas por el desgaste al que están expuestas tanto en operación como en la atmósfera.

Debido a éste desgaste se opta por implementar un recubrimiento que pueda solucionar o evitar la corrosión para ello se realiza una evaluación técnica y financiera de la resistencia del fosfato en caliente como material de recubrimiento en los estabilizadores con el fin de demostrar que es eficiente a través de diferentes pruebas de laboratorio para luego determinar que el desgaste que sufre la herramienta es mucho menor al provocado con el fosfato en frio (metodología tradicional de la empresa).

La realización de este proyecto evidencia que el método funciona haciendo referencia a alargar la vida útil de la herramienta y al ahorro en mantenimiento.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar técnica y financieramente la resistencia del fosfato en caliente como material de recubrimiento en las conexiones de los estabilizadores tubulares de la tubería de perforación

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir las generalidades del proceso de Fosfato en frio y caliente.
2. Evaluar el factor de desgaste de las conexiones de los estabilizadores con el recubrimiento del fosfato en frio.
3. Describir los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas al fosfato en caliente.
4. Evaluar el factor de desgaste de las conexiones de los estabilizadores mediante los resultados arrojados de las pruebas de laboratorio con el recubrimiento del fosfato en caliente.
5. Determinar la eficiencia de la técnica de recubrimiento de fosfato en frio con fosfato en caliente en las conexiones de los estabilizadores.
6. Evaluar la viabilidad financiera del uso del recubrimiento del fosfato en caliente, mediante la metodología del indicador financiero beneficio/costo (B/C).

## 1. GENERALIDADES

En este capítulo se incluyeron los diferentes tipos de estabilizadores que existen en la industria petrolera, enfocándose en las conexiones de éstos que son la prioridad en éste trabajo; estas conexiones dependen del buen funcionamiento de las herramientas. Para que las conexiones se encuentren en buen estado se realiza un proceso de inspección y recubrimiento para evitar la corrosión y alargar la vida útil de los estabilizadores. En primera parte se realizara una breve descripción de la corrosión y los tipos que existen se prosigue a especificar el tipo de recubrimiento que se realizara en las conexiones como lo es el fosfato especificando desde su historia y desarrollo hasta la actualidad y sus aleaciones químicas, mecánicas en los productos utilizados.

### 1.1 ESTABILIZADORES

Herramientas que se colocan entre las barrenas, utilizadas para estabilizar el ensamble de fondo, reduciendo el contacto con las paredes del pozo para controlar la desviación. Pueden ser herramientas fabricadas con tres aletas soldadas o integrales.

Las funciones principales de un estabilizador son:

- Se usan como el método fundamental para controlar el comportamiento direccional de la mayoría de las herramientas de fondo.
- Ayuda a concentrar el peso de la herramienta de fondo sobre la barrena
- Reducen al mínimo el doblamiento y las vibraciones que causan el desgaste de los acoples y dañan los componentes de la herramienta de fondo como los MWDs (measurement while drilling-midiendo mientras se perfora), la cual transmite información en tiempo real hacia la superficie como ( dirección del pozo, peso sobre barrena, rayos gamma, etc.).
- Reducen el torque de perforación al evitar que haya contacto de las barrenas con las paredes del pozo y los mantiene concéntricos dentro de este.
- Ayuda a evitar que la tubería se pegue por presión diferencial<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Rivera Juárez, P. Diseño sarta de perforación en el pozo mecatepex 118. [en línea]. Disponible

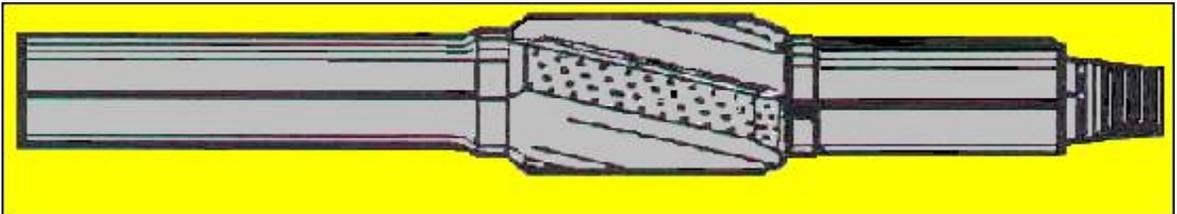
en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7502/TESIS%20DISE%C3%91O%20DE%20SARTA%20DE%20PERFORACION.pdf?sequence=1>. [Citado el 10 de octubre de 2017].

### 1.1.1 Tipos de Estabilizadores.

**1.1.1.1 Estabilizadores de manga.** Según Sandoval Rodríguez, los “Sleeve Stabilizer” o estabilizadores de manga, pueden ser utilizados en todas las formaciones, principalmente en las más duras. Se encuentra comprendido por un cuerpo con una manga atornillable y reemplazable. El cuerpo es maquinado a partir de una pieza sencilla de acero y la manga del estabilizador es moldeada a una pieza sencilla o sus hojas son soldadas sobre una manga maquinada. Superficies duras o insertas de carburo de tungsteno protegen las hojas del desgaste (Figura 1).

Un cuerpo puede acomodar varios tamaños de mangas. Son así más económicos que los estabilizadores de hojas integradas, ya que una gran selección de mangas de diferentes diámetros pueden ser usadas con el mismo cuerpo. Las mangas son menos costosas de reparar que los estabilizadores de hojas integradas y el transporte de las mangas es mucho más fácil, que es una ventaja deseable en regiones remotas o en áreas con logísticas difíciles. La principal desventaja de estos estabilizadores es que pueden restringir la circulación en huecos pequeños (8 ½ o menores). Esto se debe al reducido espacio entre el cuerpo del estabilizador y la pared del hueco<sup>2</sup>.

**Figura 1.** Estabilizador de Manga



**Fuente:** Sandoval Rodríguez Willington Daniel, “Patronamiento de tendencias direccionales en la cuenca del Putumayo para los pozos Loro y Acae”, Ingeniería de Petróleos, Universidad de América, Bogotá, anexo A, pp 1 2001.

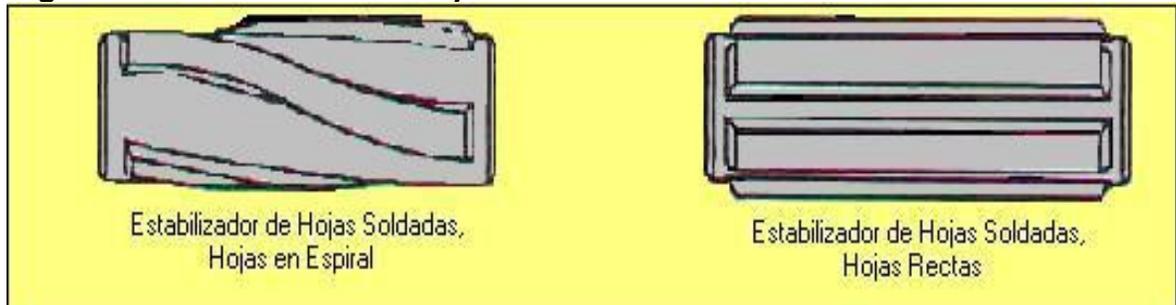
**1.1.1.2 Estabilizadores de hojas soldadas.** “Las hojas son soldadas sobre el cuerpo en un proceso de alta calidad que involucra precalentamiento y poscalentamiento de todos los componentes y la unidad ensamblada para asegurar la integridad del estabilizador y minimizar la posibilidad de fallas de las hojas (Figura 2) Sin embargo no se recomienda el uso para formaciones duras debido a la fatiga de la soldadura. Este tipo de estabilizador se adapta mejor a tamaños de huecos grandes donde las formaciones son más suaves, esto debido a que permiten

---

<sup>2</sup> Sandoval Rodríguez, WD, “Patronamiento de tendencias direccionales en la cuenca del Putumayo para los pozos Loro y Acae”, Ingeniería de Petróleos, Universidad de América, Bogotá, anexo A, p 1, 2001.

maximizar las ratas de circulación. Son menos costosos para construir que los estabilizadores de hojas integradas”<sup>3</sup>.

**Figura 2.** Estabilizadores de hojas soldadas



**Fuente:** Sandoval Rodríguez Willington Daniel, “Patronamiento de tendencias direccionales en la cuenca del Putumayo para los pozos Loro y Acae”, Ingeniería de Petróleos, Universidad de América, Bogotá, anexo A, pp 2, 2001.

**1.1.1.3 Estabilizadores de hojas integradas.** Según Sandoval Rodríguez, estos estabilizadores son corridos en calizas, dolomitas, arcillas arenosas, chert, cuarcita, arenas cuarcíticas, y otras litologías duras y formaciones abrasivas. También proporcionan alta estabilización en formaciones falladas o fracturadas. Este tipo de estabilizador es maquinado a partir de una pieza sencilla de una aleación de acero de alta fortaleza. Las superficies de las hojas son revestidas con insertos de carburo de tungsteno (Figura 3). Esta construcción hace que los estabilizadores de hojas integradas sean extremadamente durables y proporcionen una larga estabilización en formaciones duras. El diseño rígido también lo hace más costoso que los otros tipos de estabilizadores.

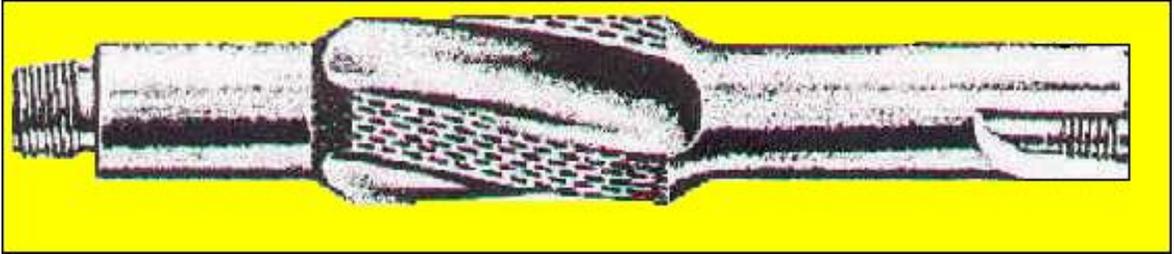
Existen dos diseños principales de configuración: El primero de hojas en espiral para un máximo contacto con la pared y el segundo de cruce en trébol (hojas rectas) para mayor facilidad de circulación. Para la configuración de hojas en espiral, el espiral puede ser diseñado de acorde a los requerimientos de circulación y de contacto con la pared. Lo óptimo se ha encontrado en hojas que cubren los 360° con mínima cantidad de hojas. Los estabilizadores de hojas integradas poseen las hojas más amplias y largas que contactan su área contra la superficie de la pared, por lo tanto son buenos para mantener ángulo y dirección<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Ibid., p. 2.

<sup>4</sup> Ibid., p. 3.

**Figura 3.** Estabilizador de hojas integradas



**Fuente:** Sandoval Rodríguez Willington Daniel, “Patronamiento de tendencias direccionales en la cuenca del Putumayo para los pozos Loro y Acae”, Ingeniería de Petróleos, Universidad de América, Bogotá, anexo A, pp 3, 2001.

## 1.2 CONEXIONES

Según Schlumberger, el principal requerimiento para una conexión es permitir acoplar un conjunto de tubulares para así crear una tubería que sea continua de cierta longitud requerida. Para esto se debe considerar algunos aspectos presentes en la perforación:

- Debe conectar dos tubos y no desconectarse debido a las actividades normales de perforación.
- Debe proveer un sello hidráulico de manera que permita bombear fluido de perforación a alta presión sin presentar fugas.
- Debe soportar el Torque y Flexión normal de las actividades de perforación debido a la alta presión sin presentar fugas.
- Debe resistir a ser conectada y desconectada continuamente bajo las condiciones de un ambiente de perforación.
- Debe tener una vida útil razonable<sup>5</sup>.

Las conexiones usadas en los estabilizadores a fosfatar en la empresa Superior Energy Services son la conexión pin y la conexión caja donde éstas varían su diámetro dependiendo el estabilizador que van desde 5 ¾” hasta 7 5/8” y están fabricados de acero 4145 h (tratado).

**1.2.1 Componentes.** Las conexiones tiene dos tipos de componentes la conexión caja (Figura 4) y conexión pin (Figura5).

Según Alfonso y Barrantes, la conexión caja y sus componentes son:

- El box tool joint es la distancia desde el sello de la conexión hasta el cuerpo de la tubería.

---

<sup>5</sup> Schlumberger, Introducción al equipo de perforación [en línea]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/geronimoms/schlumbergerintroduccionalequipodeperforacion>. [Citado el 22 de marzo de 2018].

- el sello y la conexión caja son las partes que hacen contacto con la conexión pin logrando un completo ajuste.

**Figura 4.** Conexión Caja



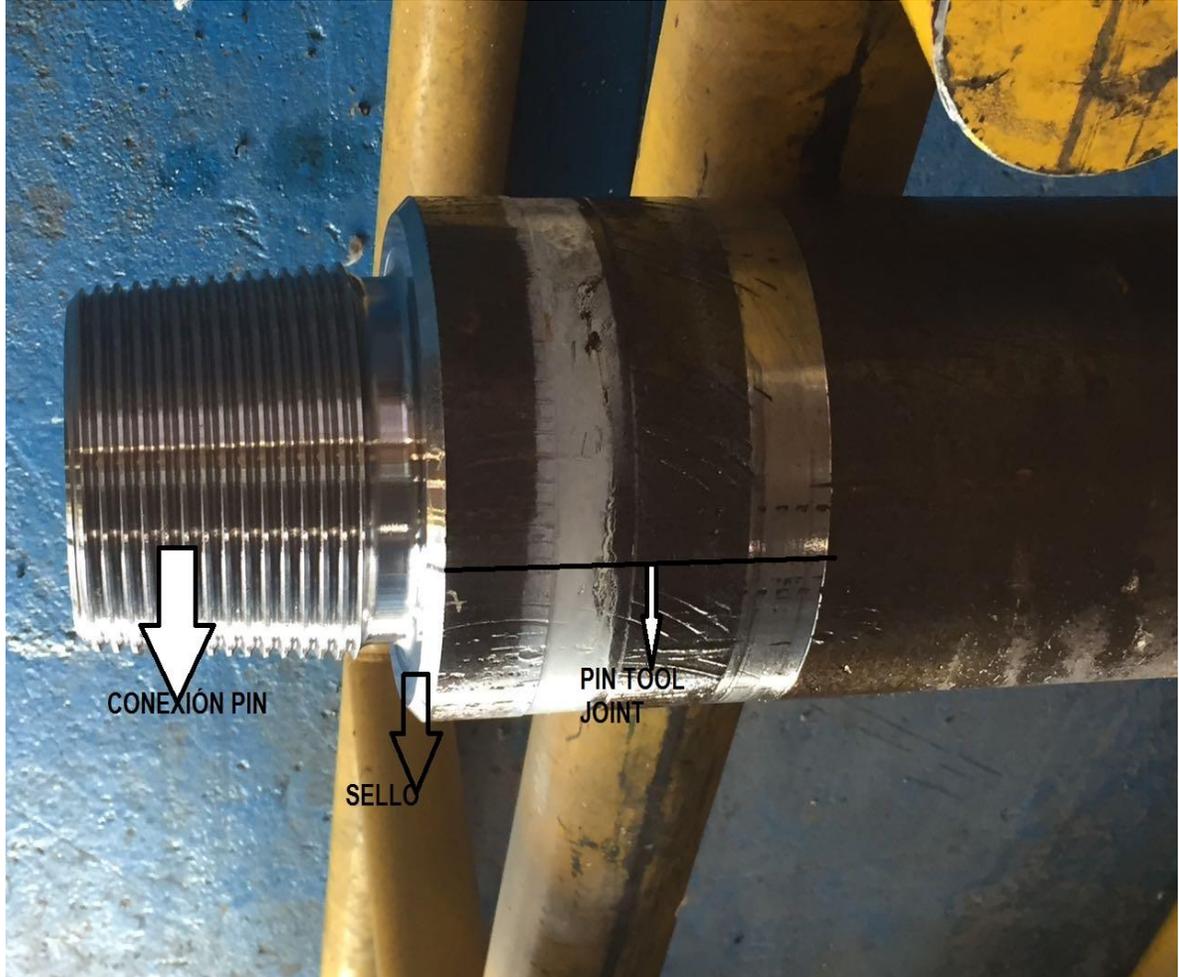
La conexión pin y sus componentes son:

- pin tool joint es la distancia desde el sello de la conexión hasta el cuerpo de la tubería.
- el sello y la conexión pin son las partes que hacen contacto directo con la conexión caja logrando un completo ajuste<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> ALFONSO AVILA YA, BARRANTES RAMIREZ MC. “Desarrollo de una alternativa química para el recubrimiento de conexiones nuevas en tubulares de perforación a

**Figura 5.** Conexión pin.



**1.2.2 Tipos de conexiones.** Según Schlumberger los tipos de conexiones existentes son:

- FH: Agujero Completo
- NC: Conexión Numerada
- IF: Lavado Interno
- Reg: Regular
- H-90: Hughes<sup>7</sup>.

---

partir del ácido fosfórico en la empresa tuboscope brandt de Colombia”. Ingeniera Química, Universidad de América, 2006. p. 27.

<sup>7</sup> Schlumberger. Op. Cit., p. 14.

### 1.2.3 Metal: acero 4145H

**Figura 6.** Propiedades y Composición acero 4145h

<b>Composición Química -% Peso</b>						
<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Si</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>
<b>1.30</b>	<b>0.35</b>	<b>.04</b>	<b>.35</b>	<b>1.00</b>	<b>1.20</b>	<b>.45</b>
<b>Propiedades físicas-Valores Típicos a 68°F</b>						
<b>Dureza BHN</b>	<b>Resistencia a la Tracción</b>	<b>Resistencia a la Fluencia</b>	<b>Elongación en 2"</b>	<b>Reducción de Área %</b>	<b>Indice de tenacidad</b>	
<b>287-332</b>	<b>140 ksi</b>	<b>125 ksi</b>	<b>14%</b>	<b>45</b>	<b>40 ft lbs.</b>	

**Fuente:** Astralloy Nucor Company, 4145H-Mod SP [en línea]. Disponible en: [http://www.astralloy.com/es/files/pdf/4145\\_H-Mod\\_SP.pdf](http://www.astralloy.com/es/files/pdf/4145_H-Mod_SP.pdf). [Citado el 25 de febrero de 2018]. Modificado por autora.

El acero 4145H es un “cromo laminado y torneado en bruto, molibdeno con un máximo de barras de acero de aleación de níquel de 1.00, diámetros de 4” a 11.1”, enfriado y templado para fines de uniformidad en la resistencia, resistencia a los golpes, ductilidad y dureza; es versátil en partes de motor que penetran dentro de orificios, bielas, collarines de perforación, uniones de herramientas, vástagos y engranajes. Tamaño del Grano: El tamaño del grano autentico debe ser de 6–9 conforme a lo que se define en el ASTM E-112<sup>8</sup>.

### 1.3 PRINCIPIOS DE CORROSIÓN

La corrosión es un proceso electroquímico que sufren los materiales que son expuestos a diferentes comportamientos del medio ambiente tales como el agua, gases, ácidos, sales, etc.

Según Galvele, la corrosión tiene por objeto estudiar el deterioro de los materiales por la acción del medio en que se encuentran ya que por diversos estudios realizados en diferentes países se ha encontrado que los problemas causados por la corrosión equivalen del 1.5 al 3.5% del Producto Bruto Nacional (PBN)<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Astralloy Nucor Company, 4145H-Mod SP [en línea]. Disponible en: [http://www.astralloy.com/es/files/pdf/4145\\_H-Mod\\_SP.pdf](http://www.astralloy.com/es/files/pdf/4145_H-Mod_SP.pdf). [Citado el 25 de febrero de 2018].

<sup>9</sup> Galvele JR. Corrosión. Buenos Aires, Argentina: 1979, p. 3.

En términos generales se ha definido, “la corrosión como la destrucción de un metal por reacción química o electroquímica con su entorno. Se pueden hacer algunas declaraciones generales sobre las tasas de corrosión:

- a. El acero al carbono por lo general contamina las aleaciones más resistentes a la corrosión que se usan en el campo petrolero. Hay excepciones notables, como la falla de los aceros de aleación fuertes en el sistema H<sub>2</sub>S.
- b. Los principales contaminantes que ocasionan la corrosión encontrados en el campo petrolífero son dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, ácidos orgánicos, ácido clorhídrico y oxígeno disuelto en agua.
- c. Películas o escalas en la interfaz entre metal y corrosión influyen las tasas de corrosión. Estas películas incluyen productos de corrosión, incrustaciones e inhibidores de corrosión.
- d. Los factores ambientales, como la composición química, la temperatura y la velocidad del agua, afectan la tasa de corrosión. En algunos casos, los llamados inhibidores naturales presentes en los fluidos producidos reducen en gran medida las tasas de corrosión.
- e. Los voltajes impresos y las corrientes eléctricas parásitas son a menudo una fuente de daños graves por corrosión”<sup>10</sup>.

Según Casallas y Camacho, el proceso ocurre cuando una superficie metálica se expone a ciertas soluciones a la intemperie en una atmosfera que es medianamente corrosiva. El metal se recubre de una película que resulta del ataque del medio ambiente, y en algunos casos ésta película actúa como una protección del metal impidiendo la continuación del ataque<sup>11</sup>.

**1.3.1 Tipos de Corrosión.** La corrosión se puede clasificar según el medio en donde se encuentran o según su morfología que es la forma en cómo se presentan las corrosiones.

“Por Consideraciones prácticas, La corrosión en los equipos de producción de petróleo y gas se clasifican en cuatro tipos: corrosión dulce, corrosión agría, corrosión por oxígeno y corrosión electroquímica”<sup>12</sup>.

---

<sup>10</sup> NACE international. Corrosión of oil-and gas-well equipment. United states. 1978, Cap.1. p.1.

<sup>11</sup> Casallas Hernández, GL, Camacho Chacón, RP, “Evaluación y propuesta para la adecuación del proceso de fosfatado de superficies metálicas en la Disecon LTDA”, ingeniería Química, Bogotá, 2003. p.26.

<sup>12</sup>NACE international. Op. Cit., p. 1.

### 1.3.1.1 Clasificación según el medio.

**Cuadro 1.** Clasificación según el medio

Corrosión Química	Corrosión Electroquímica
La corrosión química es el proceso en donde los metales reaccionan con medios no iónicos, es decir, medios en los cuales no existe generación de corrientes eléctricas.	La corrosión electroquímica es aquella en donde los metales reaccionan con medios iónicos generados por un electrolito a través de corrientes eléctricas.

**1.3.1.2 Clasificación según la forma.** Es importante para evaluar o medir el daño presentado por la corrosión, se divide en uniforme y localizada como se evidencia en la figura 7.

- Corrosión uniforme: “Es la forma más benigna de corrosión. El ataque se extiende en forma homogénea sobre toda la superficie metálica, y su penetración media es igual en todos los puntos. Un ataque de éste tipo permite calcular la vida útil de los materiales expuestos a él”<sup>13</sup>.
- Corrosión localizada: Es la corrosión que se presenta en pequeños huecos hallados en lugares muy notorios o localizados. Se dividen en:

**Cuadro 2.** Corrosión Localizada

Corrosión en placas	“El ataque se extiende más en algunas zonas, pero se presenta aún como un ataque general” <sup>14</sup> .
---------------------	---

---

<sup>13</sup> Galvele JR. Op. Cit., p. 5.

<sup>14</sup> Ibid., p. 5.

**Cuadro 2.** (Continuación)

Corrosión por picado	“Este tipo de ataque, así como el intergranular y el fisurante, son las formas más peligrosas en que puede presentarse la corrosión. Durante el picado el ataque se localiza en puntos aislados de superficies metálicas pasivas, y se propaga hacia el interior del metal, en ocasiones formando túneles microscópicos” <sup>15</sup> .
Corrosión intergranular	“Se presenta como una franja estrecha de ataque que se propaga a lo largo de los límites de grano. Este ataque se detiene hasta inutilizar el material afectado” <sup>16</sup> .
Corrosión fisurante	“Puede presentarse como cuando un metal está sometido simultáneamente a la acción de un medio corrosivo y a tensiones mecánicas de atracción. Se forman fisuras que pueden ser transgranulares o intergranulares y que se propagan hacia el interior del metal, hasta que las tensiones se relajan o el metal se fractura” <sup>17</sup> .

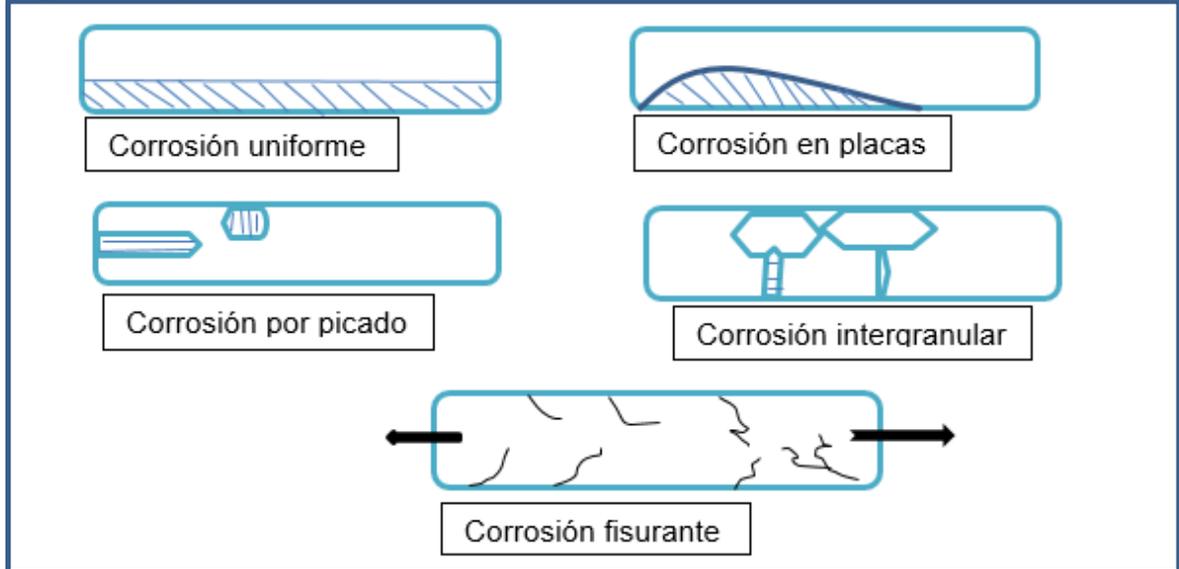
---

<sup>15</sup> Ibid., p. 5.

<sup>16</sup> Ibid., p. 6.

<sup>17</sup> Ibid., p. 6.

**Figura 7.** Tipos de corrosión localizada



### 1.3.2 Clasificación de la corrosión en los equipos de petróleo y gas.

**1.3.2.1 Corrosión Dulce.** Según NACE, la corrosión dulce se produce como resultado de la presencia de dióxido de carbono y ácidos grasos y pueden ocurrir tanto en pozos de petróleo como en pozos de gas; algunos de estos pozos contienen muy bajas concentraciones de sulfuros<sup>18</sup>.

**1.3.2.2 Corrosión Agria.** Según NACE, la corrosión agria es aquella que produce ciertas cantidades de sulfuro de hidrogeno, en algunas ocasiones oxígeno, dióxido de carbono o ácidos orgánicos. Aunque el sulfuro de hidrogeno no es ciertamente corrosivo cuando no existe humedad, mientras exista esa humedad el gas tiende a volverse corrosivo. Se vuelve corrosivo cuando el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) u oxígeno (O<sub>2</sub>) está presente:



En la anterior formula se usó el hierro que al igual que otros metales reaccionan de la misma manera para producir sulfuros metálicos, el sulfuro de hierro producido por esta reacción se adhiere a las superficies de acero en forma de polvo<sup>19</sup>.

**1.3.2.3 Corrosión por oxígeno.** Según NACE, la corrosión por oxígeno ocurre donde el equipo o herramienta está más expuesto a la atmosfera. Ocurre en las instalaciones de alta mar, sistemas de inyección y en pozos de poca profundidad. Un ejemplo de este tipo de corrosión es la oxidación del acero. La velocidad de

<sup>18</sup> NACE international. Op. Cit., Cap. 2. p. 7

<sup>19</sup> Ibid., Cap. 3 p. 26.

corrosión por oxígeno puede variar dependiendo de varios factores: temperatura, erosión de las superficies metálicas, las películas de corrosión, la disponibilidad y el tipo de electrolito.

La reacción química se explica como:



La ecuación muestra que el hierro se combina con el oxígeno y el agua para formar óxido. Este tipo de corrosión puede identificarse por los productos de corrosión FeO (OH) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que se observan en el acero<sup>20</sup>.

## 1.4 EL FOSFATADO

Es el tratamiento que se realiza a una superficie metálica para prevenir la corrosión y a su vez alargar la vida útil de las herramientas a las que se les realiza dicho tratamiento. El fosfatado brinda una capa dura que se adhiere al metal dando como resultado una reacción topográfica química; donde el metal absorbe el producto (fosfato) y se forma una película que es la que permite la protección de la herramienta que es sometida a diferentes manipulaciones. El proceso de fosfatado se realiza mediante una serie de tanques que consiste en sumergir la herramienta en una solución compuesta por algunas sales y ácido fosfórico a una cierta temperatura que oscilan de 25° a 90° la cual hace que el componente se adhiera al metal brindando una protección contra la corrosión.

**1.4.1 Historia y desarrollo del proceso de fosfatado.** Según TSN Sankara Narayanan, el primer registro que se tiene de recubrimientos con fosfato es una patente británica de 1869 concedida a Ross, en éste proceso se sumergieron metales en el ácido fosfórico para impedir la aparición de la corrosión. Desde ese momento se han desarrollado varios métodos de fosfatación que han sido mejorados a medida que el uso de los recubrimientos pasó a ser una necesidad para darle un buen acabado a las herramientas de acero. Entre estas mejoras se tienen:

- a. El uso de baño de fosfatado a baja temperatura.
- b. El uso de aditivos especiales
- c. El uso de iones de metales pesados en la composición<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Ibid., Cap. 4 p. 40.

<sup>21</sup> SANKARA NARAYANAN T.S.N., JEGANNATHAN S., RAVICHANDRAN K. Surface pretreatment by phosphate conversion coatings a review. [en línea]. Disponible en: [http://phys.mech.nw.ru/e-journals/RAMS/no\\_2905/narayanan.pdf](http://phys.mech.nw.ru/e-journals/RAMS/no_2905/narayanan.pdf). [Citado el 22 de febrero de 2018].

**Cuadro 3.** Historia del proceso de fosfatación.

Año	Proceso desarrollado
1906	Fosfatado de hierro y acero usando ácido fosfórico y limadura de hierro.
1908	Tratamiento de fosfato con agentes oxidantes para reducir el tiempo de procesamiento.
1909	Regeneración del baño y formulación de baños de fosfato de zinc que requieren un tiempo de proceso de alta temperatura de una hora.
1911	Formulación del baño del fosfato de magnesio requieren un tiempo de proceso de alta temperatura de 2 a 2.5 horas.
1928	Reconocimiento de recubrimiento de fosfato como base de pintura.
1929	Proceso de bonderización con la adición del acelerador de recubrimiento de cobre en un tiempo: 10 minutos a 1 hora.
1933	Uso de agentes oxidantes como el nitrato para acelerar el tiempo de recubrimiento: 5 minutos
1934	Uso de recubrimiento de fosfato para operaciones de trabajo en frío para metales.
1937	Tiempo de fosfatación por fosfatación en spray: 60-90 segundos.
1940	Desarrollo del proceso de fosfato sin recubrimiento a base de fosfatos de sodio o amonio. Desarrollo de métodos de fosfatación en frío.
1941	Fosfatado de superficies de aluminio con fosfato de zinc y fluoruros.

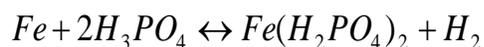
**Cuadro 3.** (Continuación)

Año	Proceso desarrollado
1943	Uso de fosfato disódico que contiene titanio como pre-inmersión antes de la fosfatación.
1950	La aplicación a gran escala de recubrimientos de fosfato de manganeso como medio de retención de aceite: para su uso en superficies de apoyo, deslizantes, etc.
1960	Uso de aditivos especiales para controlar el peso del recubrimiento. Proceso de pulverización a una temperatura de funcionamiento de 25-30 ° C.
1970	Mejora en la calidad del recubrimiento, uso de limpiadores en spray basados en tecnología de surfactante.

**Fuente.** SANKARA NARAYANAN T.S.N., JEGANNATHAN S., RAVICHANDRAN K. Surface pretreatment by phosphat conversion coatings a review. [en línea]. Disponible en: [http://phys.mech.nw.ru/e-journals/RAMS/no\\_2905/narayanan.pdf](http://phys.mech.nw.ru/e-journals/RAMS/no_2905/narayanan.pdf). [Citado el 22 de febrero de 2018].

**1.4.2 Química de Fosfatación.** Las soluciones presentes en el proceso de fosfatado son soluciones que están diluidas en ácido fosfórico libre en donde se presentan iones de metal alcalino o metal pesado.

Según Casallas y Camacho, la temperatura del baño de fosfato reacciona con la superficie del metal de acuerdo a la siguiente reacción:



Dando origen a la formación de fosfato biácido ferroso soluble en el baño, al desprendimiento de hidrógeno y a la neutralización del ácido fosfórico libre existente en la interfaz líquido-metal.

Los fosfatos de zinc, hierro y manganeso se hidrolizan en soluciones acuosas como se muestran en las siguientes reacciones:



“Un baño de fosfato deberá tener un contenido tal en iones metálicos, hidrógeno y ácido fosfórico, que no sobrepase el producto de solubilidad de los fosfatos metálicos neutros y monoácidos. De igual modo, es de fundamental importancia el ácido fosfórico total, el ácido fosfórico libre y la relación en que se hallen en la solución”<sup>22</sup>.

**1.4.3 Aceleración del proceso de fosfatación.** En las reacciones de fosfatación se evidencia que son lentas y es por causa del hidrogeno que va evolucionando durante toda la reacción catódica. En la aceleración del proceso de fosfatación se pretende reducir el tiempo del recubrimiento como se explicara con las dos técnicas de aceleración como lo son la química, la mecánica y la electroquímica.

**1.4.3.1 Aceleración Química.** Según Narayanan las sustancias oxidantes y metales más nobles que el hierro son el Níquel y Cobre que aceleran el proceso de deposición a través de diferentes mecanismos que inciden en que los agentes oxidantes despolarizan la reacción de media celda de cátodo mediante la prevención de la acumulación de hidrógeno en los sitios catódicos, mientras que los iones de metales nobles, promover la disolución de metal proporcionando bajas sitios catódicos más potencial por su deposición. Los aceleradores oxidantes más comunes son nitritos, cloratos, peróxidos éstos actúan solos o en combinaciones tales como nitrito-nitrato, nitrito-clorato de nitrato y ácido sulfúrico<sup>23</sup>

**1.4.3.2 Aceleración mecánica.** Según Narayanan, cuando una solución de fosfatación se pulveriza por la fuerza a una superficie metálica, los recubrimientos se forman más fácilmente de lo que sería por inmersión en la misma solución, ya que el primer proceso elimina el retraso debido a la difusión de los constituyentes en la solución a la superficie metálica. Otros medios de aceleración son la acción de brochas y rodillos en la superficie durante el proceso<sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> Casallas Hernández, GL, Camacho Chacón, RP. Op. Cit., p. 30-31.

<sup>23</sup> SANKARA NARAYANAN T.S.N., Op. Cit., p. 137.

<sup>24</sup> Ibid., p. 138.

**1.4.3.3 Aceleración electroquímica.** Existen varios métodos electroquímicos de aceleración, según Naranyanan, son tanto de anódica o catódica que en diversos estudios se demostró que los métodos anódicos son más apropiados y ventajosos ya que promueven la disolución del metal, así como la pasividad porque se han logrado mayores pesos de revestimiento de baja porosidad en un tiempo de tratamiento más corto por la aplicación de una pequeña corriente. Otros autores establecieron la utilidad de acoplamiento galvánico de sustrato de acero con metales que son más nobles que el acero para acelerar los procesos de fosfatación, ésta metodología emplea el principio de corrosión galvánica para acelerar la reacción de disolución del metal, que permite un consumo más rápido de ácido fosfórico libre y un punto de precipitación incipiente<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> Ibid., p. 41.

## 2. RECUBRIMIENTO

En este capítulo se realizaron las investigaciones de los parámetros que intervienen en el recubrimiento de un metal, las condiciones que están presentes y los diferentes factores que se deben tomar en cuenta a la hora de realizar el proceso de recubrimiento. Se toma como base las distintas condiciones del método de estudio para tener las bases de argumentar que la técnica de recubrimiento se realiza para evitar la corrosión que es el principal problema a combatir y para alargar la vida útil de las herramientas que es lo principal a la hora de economizar gastos.

### 2.1 CONDICIONES DE PROCESO

Para obtener un buen recubrimiento en las piezas o metales a fosfatar se debe tener en cuenta aspectos como la temperatura, pH y el tiempo en que se debe llevar todo el proceso.

**2.1.1 Temperatura.** La temperatura indica el punto de inicio del proceso, es el punto en el cual se da comienzo a la precipitación del fosfato de manganeso sobre la conexión del estabilizador. Un aumento de temperatura indica un mejor recubrimiento sobre la pieza porque se adhiere con más facilidad al metal lo que lleva a que el recubrimiento quede más subyacente por lo que el metal queda mejor protegido aunque genere mayor costo por el alto aumento de temperatura.

**2.1.2 Tiempo.** Indica que tan efectivo es el proceso que se está realizando, es decir, a menor tiempo gastado realizando el proceso de recubrimiento mayor será la producción de piezas recubiertas. El tiempo es el que facilita la cantidad de metales a recubrir a mayor cantidad de piezas mayor serán las ganancias.

**2.1.3 pH.** Según Vargas Navarro, el pH permite conocer el tiempo de reacción, ya que muestra el avance de la reacción respecto al tiempo y a su vez se puede conocer la cinética gracias a la concentración inicial y en el avance de la reacción de ácido fosfórico<sup>26</sup>.

### 2.2 ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO DE FOSFATADO

El proceso de fosfatado se realiza en un tiempo que varía de 5 a 45 minutos dependiendo a la temperatura en que se vaya a realizar es decir, a menor temperatura menor tiempo de recubrimiento ya que se puede realizar en frío o en caliente y depende también del tipo de fosfato que se utilice, entre estos están el hierro, zinc o manganeso.

---

<sup>26</sup> VARGAS NAVARRO, JA. Producción de fosfato de zinc para recubrimientos de piezas cold rolled en industrias químicas saint germain ltda. Ingeniería Química, Universidad de América, 2014, p. 28.

El tipo de recubrimiento se caracteriza por:

- Trabajar con o sin la adición de otras sustancias que actúan como aceleradores<sup>27</sup>.
- “Brinda una película porosa en algún grado, siendo los recubrimientos delgados de fosfato más porosos que los gruesos. Como la porosidad de un recubrimiento es inversamente proporcional a su adhesión a la pintura y a la resistencia a la corrosión, es de gran importancia para una buena calidad mantener la porosidad en un grado mínimo”<sup>28</sup>.
- Para que exista un mejor resultado se debe tener en cuenta la aplicación de aceites o grasas.
- “Los márgenes de espesor de un recubrimiento normal son de 0,02 - 0,07 mm y están limitados por la habilidad de eliminar uniformemente el exceso de metal y la necesidad de reducir la porosidad a un nivel bajo aceptable”<sup>29</sup>.

**2.2.1 Tipos de recubrimientos de fosfato.** Existen 3 tipos de recubrimientos de fosfato como se mencionaron anteriormente:

La fosfatación con zinc según, Alfonso y Barrantes, requiere de etapas separadas como son la limpieza y una etapa que asegure una formación óptima del recubrimiento. Estos recubrimientos son de naturaleza cristalina, de color gris de 40 a 60% de eficiencia, con alta calidad de recubrimiento y con un promedio de 1 a 5 g/m<sup>2</sup> de área superficial. El tamaño del cristal puede variar en su naturaleza desde muy grueso hasta microcristalino y depende tanto del método de limpieza como de la composición química de la solución de fosfatación.

La fosfatación con hierro es el proceso de fosfatación más simple, de un 90% de eficiencia, pero amorfo y de baja calidad de recubrimiento; posee apariencia iridiscente y los pesos promedios de ellos están entre 0.1 - 1g/m<sup>2</sup> de área de superficie. Frecuentemente se añaden surfactantes apropiados a las soluciones de fosfatación con hierro, de tal manera que la limpieza y la fosfatación se llevan a cabo en un sólo paso.

Un recubrimiento de fosfato de manganeso es de apariencia negra brillante, con eficiencia de proceso de 40 a 60%, con alta calidad de recubrimiento y consiste en un agregado compacto de cristales muy grandes. El peso promedio de los recubrimientos está entre 1 - 12 g/m<sup>2</sup> de superficie<sup>30</sup>.

---

<sup>27</sup> PEREZ MORELA, Solé. Recubrimientos de los metales. Argentina: Buenos Aires, 1989, p. 56.

<sup>28</sup> GUTIERREZ RODRIGUEZ, Augusto. Teoría y práctica de la fosfatación de los metales ferrosos. En: Revista Tecnológica. No. 148 (marzo, 1984). Colombia: Bogotá, p.17.

<sup>29</sup> Ibid, p. 85.

<sup>30</sup> ALFONSO AVILA YA, BARRANTES RAMIREZ MC. Op. Cit, p. 45.

“La fosfatación con hierro y con zinc se realiza con técnicas de aspersión o de inmersión, mientras que la fosfatación con manganeso siempre se desarrolla utilizando técnicas de inmersión”<sup>31</sup>.

“Los recubrimientos más gruesos no son necesariamente más protectores que los más delgados; sin embargo, tienen otras aplicaciones diferentes más propias. Los recubrimientos gruesos se emplean sin sellar en ambientes de aceites o grasas, mientras que los más delgados normalmente se emplean como tratamiento previo para la pintura; por ejemplo, piezas de automóviles, mobiliario de oficinas, bicicletas, etc. La resistencia al desgaste es buena y los recubrimientos aguantan bien la extrusión y las operaciones de trefilado”<sup>32</sup>.

## **2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMACIÓN DEL RECUBRIMIENTO**

Existen ciertos factores que intervienen en el recubrimiento del metal como:

- Composición del metal.
- Características físicas del metal.
- Preparación de la superficie.

Los factores anteriormente mencionados nos proporcionaran la información necesaria para llevar a cabo un buen proceso a la hora de implementar el recubrimiento sobre el metal.

**2.3.1 Composición del metal.** La composición del metal se enfoca de la fabricación de la que está hecha el metal a tratar, en este caso los estabilizadores manejados por la empresa Superior Energy Services están fabricados de Acero 4145H.

**2.3.2 Características físicas del metal.** Unos de los factores más importantes a la hora de realizar el recubrimiento son las características que tienen influencia sobre el metal. Según Alfonso y Barrantes, algunos factores que se deben tomar en cuenta son:

- El grado de aspereza del metal base, en este caso el acero 4145H.
- El tipo de mecanización sufrida (torneado, fresado, etc.).
- Las tensiones internas desiguales de los materiales que han sido deformados en frío, etc.<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> GUTIERREZ RODRIGUEZ, Augusto. . Op. Cit., p.11.

<sup>32</sup> BELTRÁN, Climent y GABE, D. Fundamentos del tratamiento y protección de superficies metálicas. 1 ed. Alhambra, 1975. P. 149.

<sup>33</sup> ALFONSO AVILA YA, BARRANTES RAMIREZ MC. Op. Cit, p. 75.

**2.3.3 Preparación de la superficie.** Es la parte o el factor más importante a la hora de realizar el recubrimiento de un metal, en donde la superficie debe estar limpia. El procedimiento utilizado a la hora de limpiar la superficie es según Alfonso y Barrantes, el desengrase, decapado, el chorreado y el arenado<sup>34</sup>. Entre mayor limpieza de la superficie mejor será la adherencia del fosfato en el metal y mayor será su protección contra la corrosión, si existen cristales o impurezas por una mal limpieza en la superficie el recubrimiento quedara con partículas muy notorias y la película de fosfato no penetrara bien en el metal.

**Figura 8.** Superficie limpia.



---

<sup>34</sup> Ibid, p. 76.

### **3. PROCESO TRADICIONAL DE LA EMPRESA SUPERIOR ENERGY SERVICES**

La empresa Superior Energy Services realizaba el proceso de recubrimiento en frío en los estabilizadores como se explicaba anteriormente con el método de fosfato de zinc mediante la aplicación de un spray llamado Imprimante Inorgánico de Zinc que no les proporcionaba un recubrimiento óptimo ya que la superficie mostraba partículas microcristalinas que generaban que al momento que la herramienta se iba a campo petrolero hacer utilizada, éste recubrimiento se desgastaba completamente generando la aparición de la corrosión problema que les causaba gastos económicos a la hora de realizar los mantenimientos a los estabilizadores. En este capítulo se hablara de la materia prima en este caso el spray utilizado, de las ventajas y desventajas que tiene la técnica de fosfato en frío.

#### **3.1 FOSFATO EN FRÍO**

Según la oficina de patentes de Estados Unidos, el proceso de fosfato en frío consiste en rociar una solución acuosa alcalina sobre la superficie del metal para alisarla y luego ser limpiada con una solución acuosa ácida donde la temperatura tiende a ser por debajo de 100 F.

Para obtener una superficie limpia de alta calidad se debe tener en cuenta las siguientes características:

- Una solución acuosa de limpieza alcalina con la intervención de agentes sintéticos.
- La eliminación de huellas dactilares, grasa, suciedad mediante el uso de agentes tensoactivos no son suficientes por lo tanto son insatisfactorios.
- La solución de limpieza alcalina funciona correctamente cuando la alcalinidad total está en el intervalo de 2 a 36 puntos, y la alcalinidad libre en el intervalo de 1 a 18 puntos.

La solución de recubrimiento de fosfato es preferiblemente una solución acuosa ácida de fosfato de zinc del tipo que se forma a partir del fosfato de zinc o su equivalente químico, y que opera a un intervalo de pH entre aproximadamente 1,5 y 3,5. Las soluciones pueden ser convencionales en todos los aspectos, excepto que deben contener un agente oxidante que sea capaz de acelerar la tasa de ataque de metal que puede obtenerse por un revestimiento de fosfato uniforme en un período de tiempo relativamente corto, por ejemplo, de uno a dos minutos. El nitrito es el agente acelerante preferido para usar en estas soluciones de fosfato de zinc cuando se aplican después del paso de limpieza anterior. En ciertas aplicaciones, es satisfactorio emplear otros agentes oxidantes tales como bromatos, sulfitos y compuestos nitroorgánicos que incluyen m-nitrobenceno sulfonato y ácido pícrico, particularmente cuando los pesos bajos de recubrimiento son satisfactorios. El uso de agentes oxidantes distintos de nitrito puede emplearse incluso cuando se desean

pesos de revestimiento más pesados incluyendo en la solución una pequeña proporción de un aminoácido acético tal como etilendiamino tetraacetato de sodio. Las soluciones de recubrimiento de fosfato pueden tener satisfactoriamente un ácido total de aproximadamente 10-50 puntos y contienen aproximadamente 0,5% a 2,5% de zinc suficiente para formar el fosfato de hidrogeno, 0,002%-15% de nitrito, 0,03% -0,5% de bromato, 02%-5% de sulfito, 03% de metabromobencenosulfonato de sodio al 0.5%. Estas soluciones se aplican preferiblemente por pulverización, pero se pueden aplicar de otras formas convencionales, a temperaturas entre aproximadamente 70°F<sup>35</sup>.

### 3.2 MATERIA PRIMA

En el proceso de fosfato en frio se utiliza:

- **Imprimante Inorgánico de Zinc:**

Es el producto utilizado para realizar el recubrimiento a las conexiones de los estabilizadores antes era llamado Friazinc ZS es fabricado por la empresa Sika Colombia S.A. Es fácilmente inflamable y está compuesto en base de ligantes de silicato y polvo de zinc (ANEXO A).

Las propiedades físicas y químicas del producto son:

- Estado físico: polvo
- Color: gris
- Olor: Inodoro
- Punto de ebullición: 907 °C
- Temperatura de autoignición: 460 °C
- Punto de inflamación: ND
- Gravedad específica: 7,14.

Se debe evitar el calor y la humedad ya que es un agente reductor fuerte y reacciona activamente con oxidantes. Entre otras materias a evitar se encuentran:

- Ácidos y bases
- Azufre
- Hidrocarburos halogenados.

### 3.3 PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO CON FOSFATO EN FRIO

Para realizar el recubrimiento a las conexiones éstas deben cumplir los siguientes pasos:

---

<sup>35</sup> Patente EEUU. [en línea]. Disponible en:

<https://patents.google.com/patent/US3007817>. [Citado el 15 de marzo de 2018].

- Limpiar las superficies con agua y jabón para remover residuos, partículas contaminantes.
- Dejar secar la conexión a temperatura ambiente.
- La solución Imprimante Inorgánico de Zinc debe ser agitada durante 3 minutos.
- Aplicar a la conexión de manera directa a una distancia de aproximadamente 15 centímetros.
- Dejar secar a temperatura ambiente.

Actualmente la empresa no cuenta con éste método porque les estaba generando partículas en el recubrimiento por el mal manejo de las indicaciones mencionadas anteriormente y el recubrimiento al pasarle algún objeto encima se levantaba con facilidad lo que generaba que el proceso no tuviera una buena durabilidad.

### 3.4 FACTOR DE DESGASTE

Actualmente el proceso no se encuentra activo, por lo tanto solo se tienen datos realizados a una sola herramienta.

**Tabla 1.** Mediciones de la conexión en frío.

Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después de llegar del pozo
0.623013	0.625451	0

El estabilizador cuando era recibido de pozo después de ser utilizado llegaba en malas condiciones, presentaba corrosión lo que les generaba cambiar y mecanizar toda la conexión y esto les implicaba más gastos. El desgaste de la conexión era del 100% como se evidencia en la tabla 4.

### 3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FOSFATO EN FRIO

Algunas de las ventajas de éste proceso son:

- Menor Costo.
- Ahorro de energía.
- Uso reducido de agua.
- Se aplica a temperatura ambiente.

Dentro de las desventajas de este recubrimiento están:

- Menor durabilidad.
- Baja estabilidad.
- Presencia de óxidos lo que ocasiona pérdida de brillo.
- Los óxidos se acumulan en el ambiente ocasionando peligros para la salud de los operadores.
- Poca adherencia al metal.
- Fácil aparición de la corrosión.

## 4. PROCESO ACTUAL DE RECUBRIMIENTO DE LA EMPRESA SUPERIOR ENERGY SERVICES

La empresa actualmente está realizando la implementación del recubrimiento con fosfato en caliente mediante el ácido fosfórico de manganeso en las conexiones para evitar la corrosión en ellas y los costos de mantenimiento sean menores. Para la implementación se están realizando varias pruebas a nivel laboratorio para saber las concentraciones tanto del fosfato como del desengrasante que se deben utilizar en los tanques instalados para dicho procedimiento.

En este capítulo se incluirá el proceso paso a paso del recubrimiento así como las pruebas realizadas a los distintos baños de fosfato y desengrasante como de los productos utilizados durante todo el proceso.

### 4.1 CONTROL Y CORRECCIÓN DEL BAÑO DE FOSFATIZACIÓN

**Objetivo:** Establecer la sistemática del control de calidad de los baños del proceso de fosfatización (baño desengrasante y de fosfato, propiamente dicho) y de la corrección de la composición de estos baños.

**4.1.1 Proceso.** El proceso está constituido de 3 fases las cuales son:

- Fase 1: Desengrase.
- Fase 2: Agua
- Fase 3: Fosfatizado

En las fases 1 y 3 se utilizan las esferas que permiten reducir el consumo de energía y reducir la emisión de vapores.

**4.1.1.1 Fase 1: Desengrasante.** En esta fase se utiliza el baño desengrasante alcalino Bonderite C-AK 7163 que dentro de sus principales especificaciones técnicas (ver anexo B) están:

- Apariencia: Líquido denso.
- Color: Incoloro a ligeramente amarillo.
- pH: 12.5-13.5 %
- Concentración: 0.5 a 2-0 % (aspersión) y 0.5 a 3.0% (inmersión)
- Tiempo: 2-3 minutos(aspersión) y 3-10 minutos (inmersión)
- Temperatura: 55-70°C

➤ **Instalaciones necesarias.** Las características que deben tenerse en cuenta a la hora de implementar esta fase son:

- a. Tanque.
  - Dimensiones del Tanque: 0.70 metros x 0.71 metros x 1.5 metros.
  - Volumen del tanque: 745.5 Litros.
- b. Material del tanque: Chapa de acero.
- c. Calefacción: Resistencia eléctrica.

➤ **Concentración.**

- a. 2 a 4 kg del producto por cada 100 litros de agua.
- b. La capacidad del tanque es de 745.5 litros.
- c. Se utiliza una concentración de 3 kg/ 100 litros de agua.

Para el caso del tanque que se tiene en la empresa se utilizan:

**Ecuación 1.** Calculo de la concentración del desengrasante.

<b>Concentración desengrasante: <math>(3 \text{ kg} \times \text{Volumen del tanque}) / 100 \text{ Litros de agua}</math></b>
---

La concentración total es de 23 kilogramos aproximadamente para un tanque de 745.5 litros.

➤ **Temperatura.**

- a. 93° +/- 15°C.
- b. Esta condición se debe mantener acertando el nivel del baño de agua y mezclándose bien.

**4.1.1.2 Fase 2: Agua.** Ésta fase permite eliminar las impurezas generadas en la fase 1.

➤ **Instalaciones necesarias.**

- a. Tanque.
  - Dimensiones: 0.70 metros x 0.71 metros x 1.5 metros.
  - Volumen del tanque: 745.4 litros.
- b. Material del tanque: Chapa de acero.
- c. Calefacción: Resistencia eléctrica en acero inoxidable.

➤ **Temperatura.** La temperatura en este tanque es al ambiente.

**4.1.1.3 Fase 3: Fosfatización.** El producto utilizado para ésta fase es parco lubrite 2 (anexo C) que presenta algunas características físicas y químicas como:

- Estado físico: Líquido.
- Color: Verde.
- Olor: suave.
- pH: <1.0.
- Peso específico: 1.29-1.37.
- Punto de inflamación: 160 °C.

➤ **Instalaciones necesarias.**

- Tanque.
  - Dimensiones: 0.70 metros x 0.71 metros x 1.5 metros.
  - Volumen del tanque: 745.4 litros.
- Material del tanque: Chapa de acero.
- Calefacción: Resistencia eléctrica en acero inoxidable.

➤ **Concentración.**

- 14,4 kg de producto (Parco lubrite 2) por cada 100 litros de agua.
- La capacidad del tanque es de 745,5 litros aproximadamente.
- Se utiliza una concentración de 14.3 kg por cada 100 litros de agua.

La concentración total del producto Parco Lubrite 2 para el tanque de fosfato es:

Ecuación 2. Cálculo de la concentración del fosfato.

$\text{Concentración de Fosfato} = (14.3 \text{ kg} \times \text{Volumen tanque}) / 100 \text{ Litros de agua}$
---

La concentración del fosfato con volumen de 745.5 litros es de aproximadamente 106 kg de Parco lubrite 2.

➤ **Temperatura.**

- 93° +/- 15°C.
- Esta condición se debe mantener acertando el nivel del baño de agua y mezclándose bien.

Para aumentar la acidez total en 1 punto se debe adicionar 1,2 kg de Parco lubrite por cada 100 litros de agua.

**4.1.1.4 (Esferas) Reducir el consumo de energía/ Reducir la emisión de vapores.** Las esferas están fabricadas de plástico, se utilizan en tanques que contengan líquidos calientes con el fin de reducir el consumo de energía para

mantener el líquido calentado en la temperatura de trabajo a su vez para reducir la emisión de vapores procedentes del líquido.

Según Superior Energy Services, Cuando los líquidos reciben energía, se inicia el calentamiento, de ese calentamiento se produce el aumento de movimiento entre sus partículas que crece proporcionalmente a la adición de temperatura. A partir de determinado instante, pasa a ser posible observar vapores saliendo de superficie. Estos vapores se generan, pues, se ha incrementado la energía cinética de las partículas hasta que se toman vapor. Cuando la presión de vapor es mayor o igual a la presión atmosférica, no existe un obstáculo, el paso de esta partícula del estado líquido al estado vapor. Con la aplicación de las esferas, se logra reducir la salida de energía del sistema lo que proporciona el mantenimiento de la temperatura con reducción en el consumo de energía.

Los límites operaciones según la empresa son:

- Agresión química: Las esferas son producidas en termoplástico de alta resistencia química, siendo resistente químicamente al 99,99% de los productos químicos típicamente utilizados en la industria.
  - Temperatura: La temperatura de las esferas no debe exceder de 100 °C<sup>36</sup>.
- **Durabilidad.** El daño físico de las esferas pueden ser provocados por:
- Agresión química/ temperatura: Se evidencia cuando se excede los límites de operación.
  - Choques mecánicos: Exceso de choques provoca la reducción de la durabilidad.

Según Superior Energy, algunos datos típicos de las aplicaciones de durabilidad son:

- Níquel electrolítico: 5 años
  - Níquel químico: 4 años
  - Cromo: 2 años.
  - Desengrasantes: 3 años.
  - Fosfatizantes: 3 años.
  - Removedores: 4 años<sup>37</sup>
- **Amortización.** La aplicación del producto arroja una economía de energía que se ve reflejada a partir de 40 a 90 días. Esta variación ocurre debido al tipo de aplicación en el cual las esferas pasan a actuar las cuales son:

---

<sup>36</sup> SUPERIOR ENERGY SERVICES. "Control y corrección del baño de fosfato".

Brasil.2017.p.6.

<sup>37</sup> Ibip. P.6.

- La variación de la temperatura de trabajo, de la jornada diaria, de la fuente de energía para calentamiento y estacionalidad de trabajo, hacen cambiar ese período.

**Figura 9.** Tanques del proceso de fosfato.



#### 4.2 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio se realizan para comprobar la calidad del fosfato, desengrasante y del agua.

Para los análisis de las pruebas de laboratorio se utilizaron los siguientes productos :

- Erlenmeyer.
- Fenolftaleína.
- Hidróxido de Sodio (0.1 N).
- Azul de bromofenol (indicador).
- Titulante para alcalinos.
- Difenil acético.
- Pipetas.
- Probetas.
- Dicromato de Potasio.

Antes de realizar las pruebas se tienen que conocer los datos de seguridad de los productos que incluyen composición física, química, reacciones, peligros y cuidados.

Los productos químicos usados en laboratorio son:

- **Titulante de alcalinos:** Contiene sulfato ácido de amonio.
- **Hidróxido de Sodio (0.1 N):** Su denominación es Sodio Hidróxido 0.1N.
- **Difenil acético:** Difenil Acético (Ácido fenilacético para síntesis) su uso es para laboratorio, análisis, investigación y química fina.
- **Dicromato de potasio:** Potasio Dicromato (0.1N) al igual que los anteriores productos sus usos principales son para laboratorio, investigación, análisis y química fina.
- **Azul de bromofenol:** Es un indicador y su denominación es Azul de Bromofenol.

#### 4.2.1 Pruebas de laboratorio

##### 4.2.1.1 Determinación del contenido de hierro

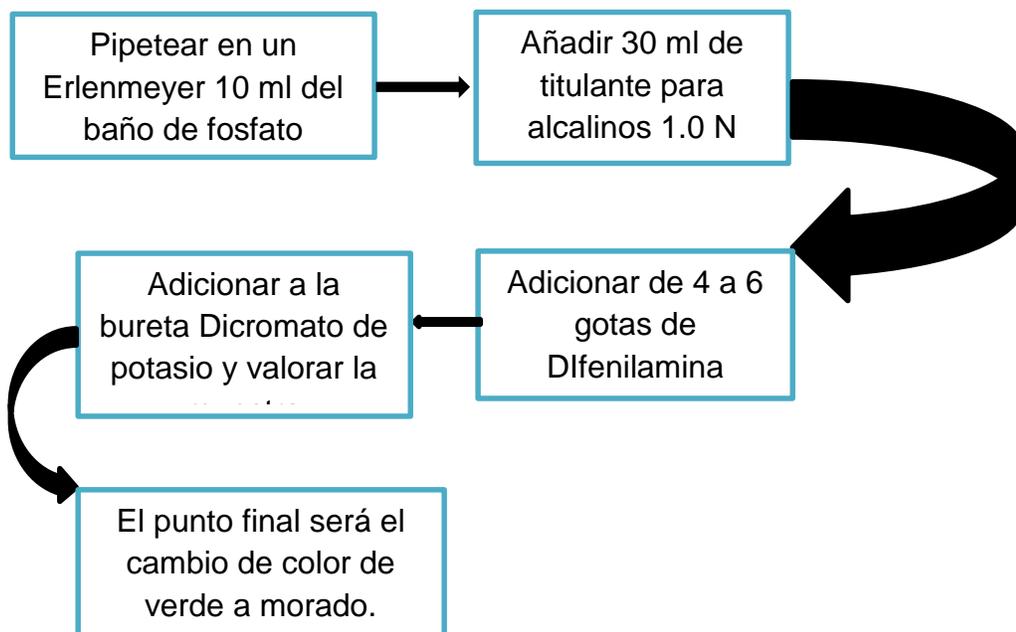


Figura 10. Contenido de hierro adición del fosfato y titulante.

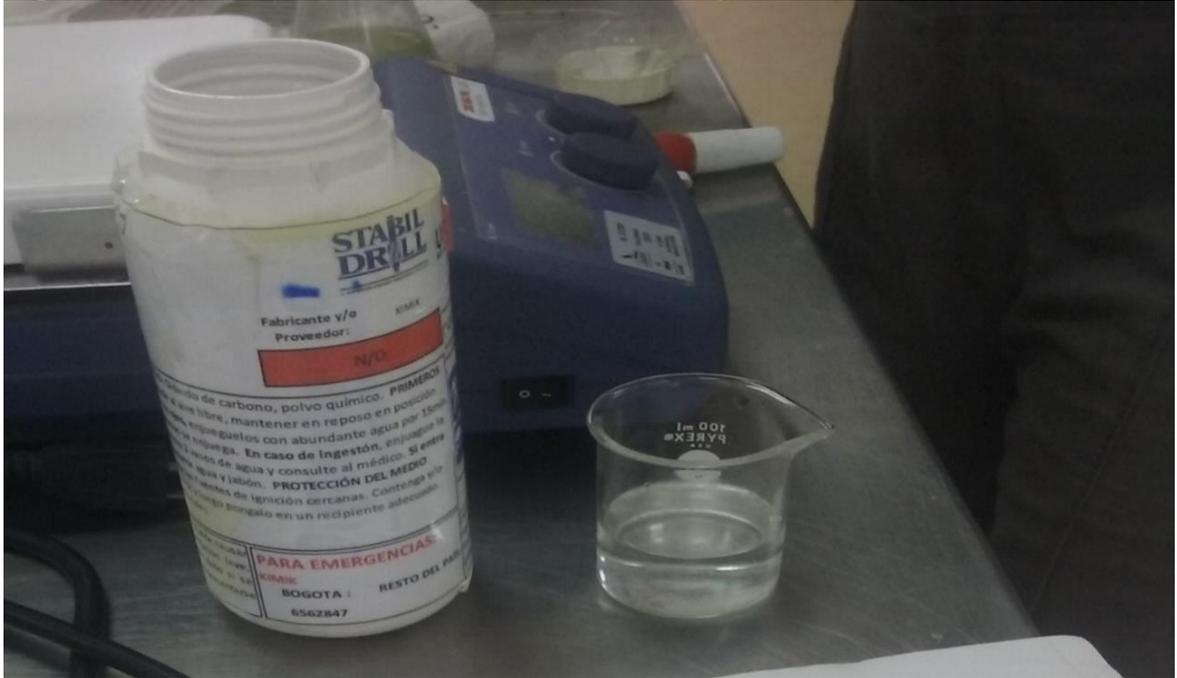


Figura 11. Adición a la bureta de Dicromato de potasio.



**Figura 12.** Titulación con la bureta.



**Figura 13.** Cambio de color de verde a morado.



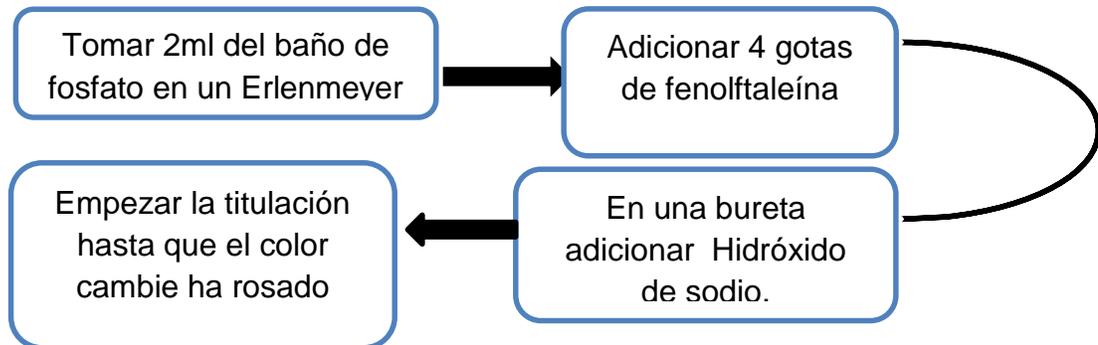
Para la obtención del contenido de hierro se realiza mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 3.** Porcentaje de hierro

$$\% \text{ Fe} = \text{ml de dicromato} \times 0.05584$$

**Fuente:** Superior Energy Service. Proceso pruebas de laboratorio. 2017. P. 1.

**4.2.1.2 Determinación de la acidez total.**



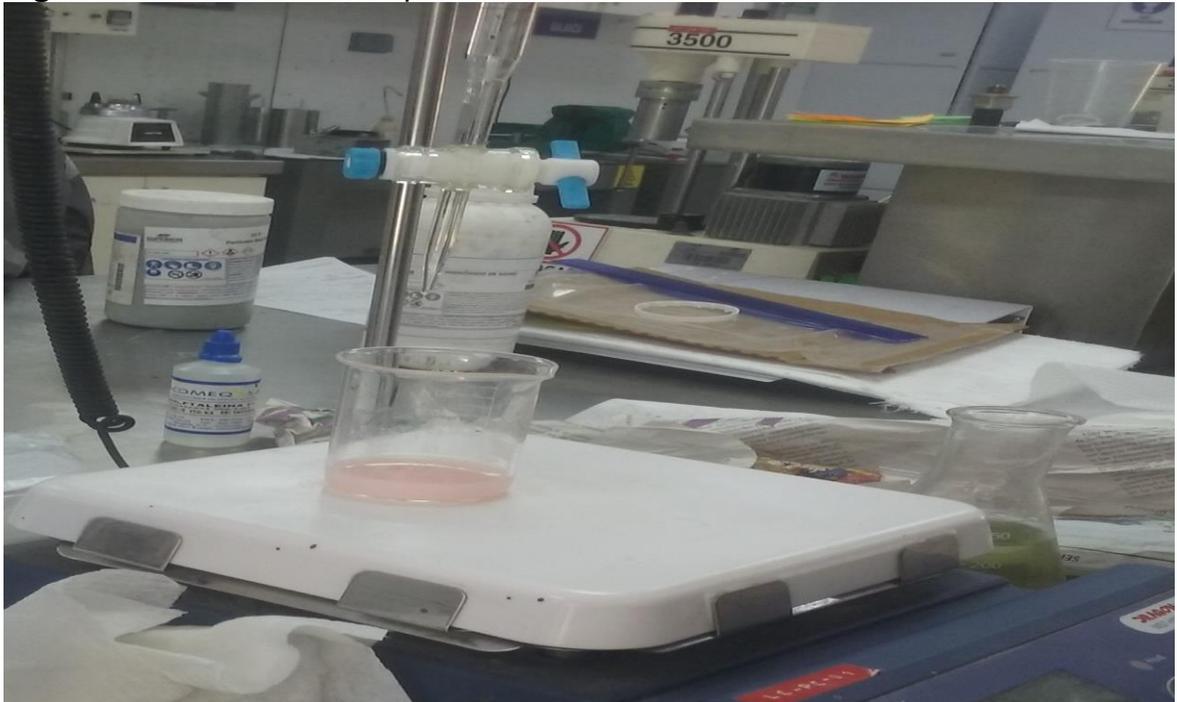
**Figura 14.** Bureta con Hidróxido de sodio.



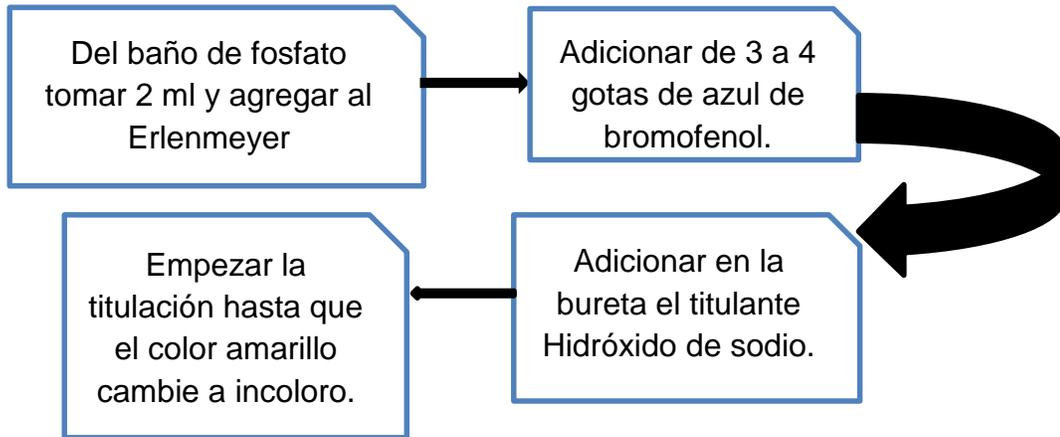
**Figura 15.** Titulación para acidez total.



**Figura 16.** Cambio de color para acidez total.



#### 4.2.1.3 Determinación de acidez libre.



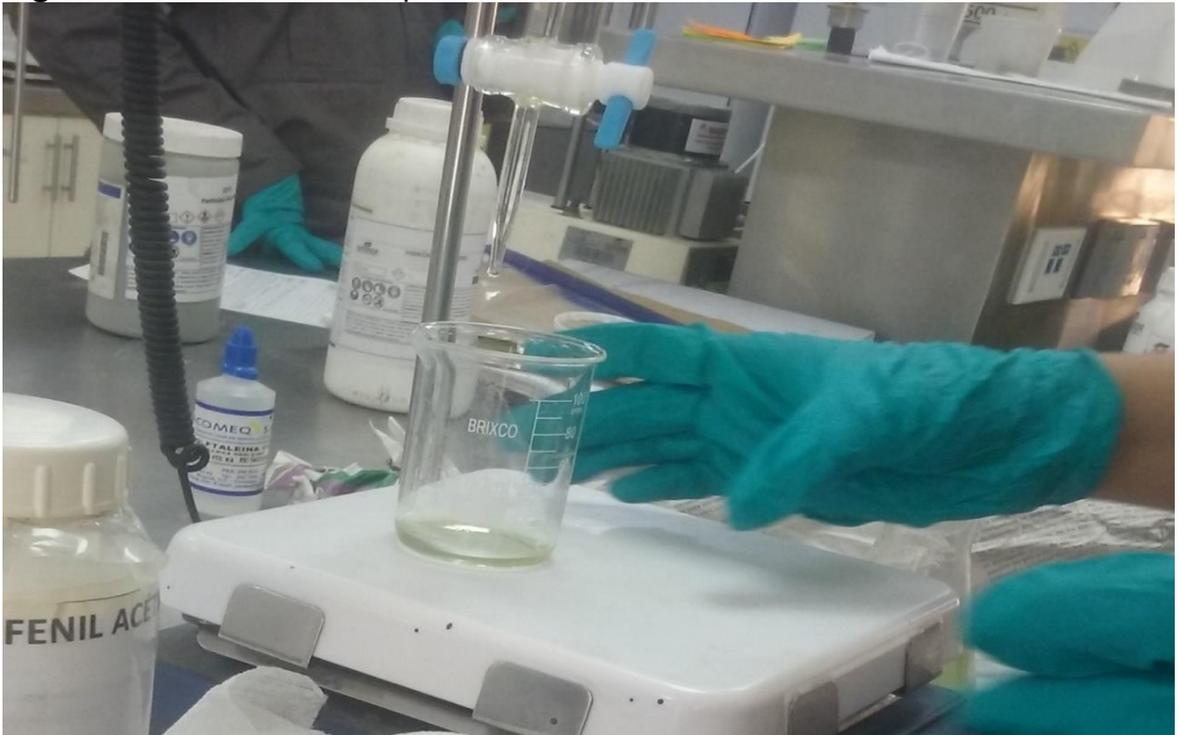
**Figura 17.** Erlenmeyer con baño de fosfato y gotas de azul de bromofenol.



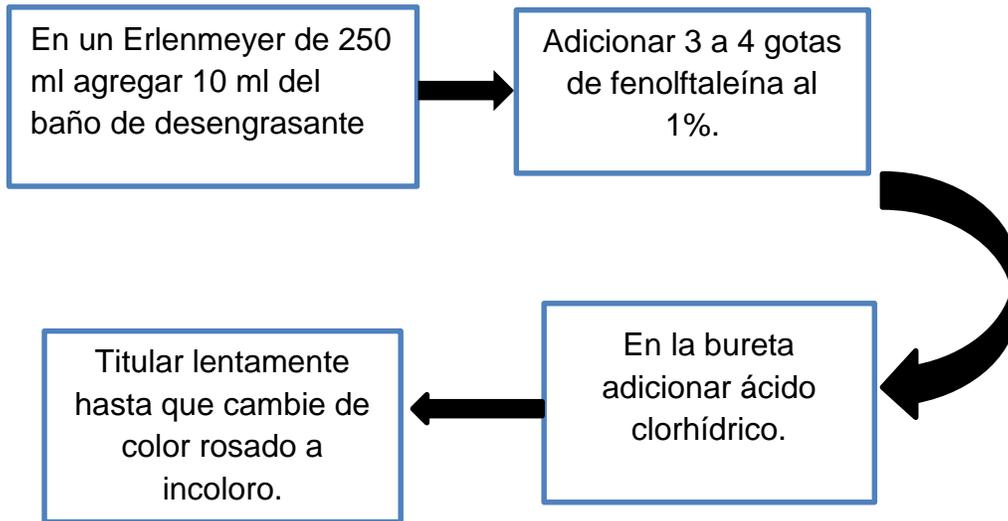
**Figura 18.** Titulación de acidez libre.



**Figura 19.** Cambio de color para la acidez libre



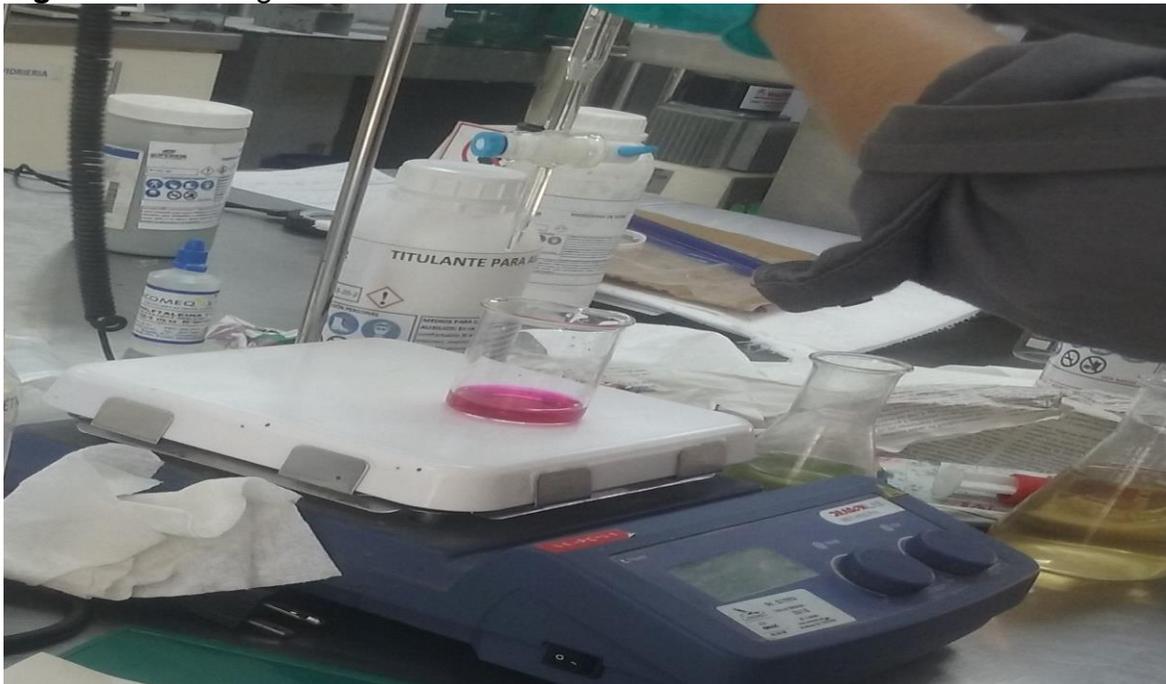
#### 4.2.1.4 Análisis del desengrasante



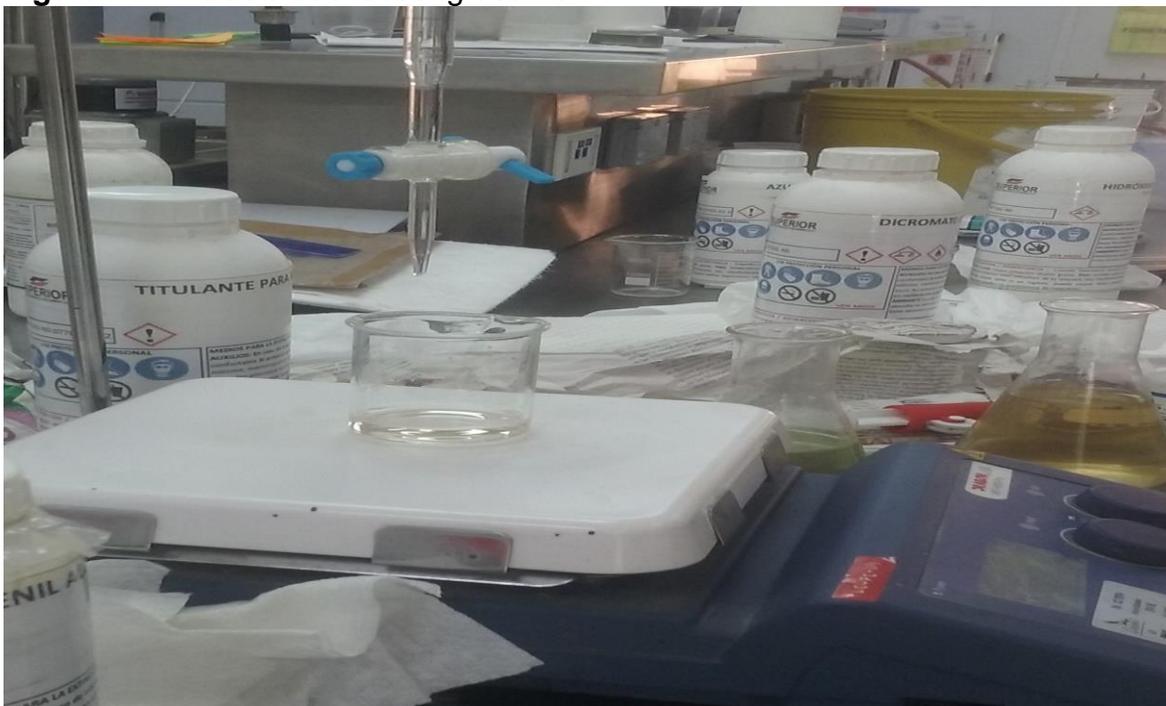
**Figura 20.** Baño de desengrasante en el Erlenmeyer.



**Figura 21. Desengrasante con fenolftaleína.**



**Figura 22. Titulación del desengrasante.**



**4.2.1.5 Prueba del pH.** La prueba se realiza al agua para comprobar que se encuentre con un pH 7

**Figura 23.** Comprobación del pH.



**4.2.2 Resultados pruebas de laboratorio.** La empresa realiza varias pruebas de laboratorio para verificar que los componentes de los tanques cumplan con los rangos para que los recubrimientos queden en óptimas condiciones. A continuación se presentaran varias pruebas realizadas en diferentes semanas que a su vez presentan diferentes resultados y que serán materia de investigación en los análisis de los resultados.

**Tabla 2.** Resultados primera prueba de laboratorio.

	<b>Análisis</b>	<b>Especificado</b>	<b>Encontrado</b>
<b>Tanque con desengrasante</b>	<b>OH</b>	2-4 (ml)	3 ml
<b>Tanque con fosfato</b>	<b>Acidez libre</b>	2-2.2 (ml)	2.2 ml
	<b>Acidez total</b>	11.5-12.5 (ml)	12.3 ml
	<b>Contenido de hierro</b>	0.2-0.3%	3.2 ml 0.2 %
<b>Tanque con agua</b>	<b>pH</b>	7	7

**Tabla 3.** Resultados segunda prueba de laboratorio.

	<b>Análisis</b>	<b>Especificado</b>	<b>Encontrado</b>
<b>Tanque con desengrasante</b>	<b>OH</b>	2-4 (ml)	3.1 ml
<b>Tanque con fosfato</b>	<b>Acidez libre</b>	2-2.2 (ml)	2.2 ml
	<b>Acidez total</b>	11.5-12.5 (ml)	13 ml
	<b>Contenido de hierro</b>	0.2-0.3%	3.1 ml * <b>0.17 %</b>
<b>Tanque con agua</b>	<b>pH</b>	7	7

**Tabla 4.** Resultados tercera prueba de laboratorio.

	<b>Análisis</b>	<b>Especificado</b>	<b>Encontrado</b>
<b>Tanque con desengrasante</b>	<b>OH</b>	2-4 (ml)	2.2 ml
<b>Tanque con fosfato</b>	<b>Acidez libre</b>	2-2.2 (ml)	2 ml
	<b>Acidez total</b>	11.5-12.5 (ml)	12.1 ml
	<b>Contenido de hierro</b>	0.2-0.3%	4.2 ml * 0.23 %
<b>Tanque con agua</b>	<b>pH</b>	7	7

**Tabla 5.** Resultados cuarta prueba de laboratorio.

	<b>Análisis</b>	<b>Especificado</b>	<b>Encontrado</b>
<b>Tanque con desengrasante</b>	<b>OH</b>	2-4 (ml)	1.5 ml
<b>Tanque con fosfato</b>	<b>Acidez libre</b>	2-2.2 (ml)	2 ml
	<b>Acidez total</b>	11.5-12.5 (ml)	7 ml
	<b>Contenido de hierro</b>	0.2-0.3%	4.2 ml * 0.23 %
<b>Tanque con agua</b>	<b>pH</b>	7	7

Se realizan varias pruebas de laboratorio para verificar la calidad de los baños tanto de fosfato, desengrasante y el agua. Con base en los resultados se inicia el proceso de recubrimiento a las conexiones, si se presentan inconvenientes en los análisis como se notan en algunos resultados se tiende a mirar en que tanque se encuentra el problema y se adicionan aditivos para solucionar los contenidos que no están en los valores especificados.

En caso de que se necesite aumentar la acidez total según Superior energy, para aumenta 1 punto se debe adicionar 1,2 Kg de Parco lubrite 2 por cada 100 litros de agua y para disminuir la acidez libre en 0,1 puntos se debe adicionar 29 g de neutralizador por cada 100 litros de agua<sup>38</sup>.

#### **4.3 PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO CON FOSFATO EN CALIENTE**

**Propósito:** El método consiste en establecer los cuidados de los baños de fosfato en las conexiones de los estabilizadores.

**Fosfatizador:** Las funciones principales del personal encargado de fosfatizar las herramientas son:

- Conocer los resultados de las pruebas de laboratorio realizados a los 3 tanques (desengrasante, agua y fosfato).
- Tener las preparaciones listas de las conexiones para iniciar la aplicación del recubrimiento.

<sup>38</sup> SUPERIOR ENERGY SERVICES. Op. Cit, p. 4.

- Después de realizar la aplicación del fosfato debe realizar una inspección visual del resultado de las conexiones ya fosfatadas.
- Los niveles de los 3 tanques deben mantener los niveles especificados antes, durante y después de haberse realizado el procedimiento.
- Monitorear la temperatura antes y durante el proceso.

#### 4.3.1 Descripción de la rutina.

- **Control:** Para los análisis de las pruebas de laboratorio se debe recoger muestras de los tanques de 200 ml de fosfato, desengrasante y agua para ser analizadas en los laboratorios de la empresa Superior Energy Services con base en Villavicencio-Meta que luego son verificadas por el personal de la línea Stabill Drill para corroborar los datos y así realizar las correcciones adecuadas antes de iniciar el proceso de fosfatado.

**4.3.1.1 Proceso:** Antes de realizar el movimiento de las herramientas el personal encargado de realizar el proceso debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Seleccionar los elementos que van hacer utilizados y diligenciar el check list para tener un control.
- Inspeccionar los elementos de izaje.
- Posicionar el gancho de elevación, perpendicular y sobre el centro de gravedad de la carga que será transportada.
- Acoplar el dispositivo de manipulación a la carga.
- El transporte debe ser realizado con la carga lo más bajo posible.
- Alejarse del área de riesgo, utilizando el cable guía.
- Nunca mover las cargas solo.

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores y realizadas las pruebas de laboratorio se inicia con el proceso de recubrimiento a las conexiones con fosfato siguiendo una serie de pasos que se explicaran a continuación:

1. Limpiar las conexiones de modo que no queden partículas que puedan contaminar.
2. Después de realizar la limpieza, se debe mover la pieza con precaución, teniendo en cuenta que las protecciones personales como los objetos que estén en el área no estén contaminados para garantizar una superficie limpia.
3. Monitorear la temperatura durante el proceso.
4. Realizar la mezcla de la solución para que la concentración sea uniforme.
5. Se debe llevar el estabilizador al tanque número 1 (desengrasante) inclinando la parte de la conexión.
6. Se introduce la conexión al tanque del desengrasante durante un tiempo de 5 minutos.
7. Después de los 5 minutos se debe retirar la herramienta del tanque.

8. Introducir el estabilizador en el tanque numero 2 (agua) durante un tiempo de 1 minuto.
9. Retirar el estabilizador del agua.
10. Sumergir el estabilizador en el tanque 3 (fosfato) y dejarlo durante un tiempo de 15 minutos.
11. Retirar la herramienta del tanque y realizar la inspección visual que las conexiones estén completamente recubiertas.
12. Colocar la herramienta en el caballete y dejar enfriar a temperatura ambiente.

**Figura 24.** Conexión después de la limpieza.



**Figura 25.** Monitoreo de temperatura.



**Figura 26.** Conexión sumergida en el tanque de desengrasante.



**Figura 27.** Conexión sumergida en el tanque de agua.



**Figura 28.** Conexión sumergida en el tanque de fosfato.



**Figura 29.** Herramienta retirada hacia el caballete.



**Figura 30.** Conexión fosfatada.



#### **4.4 CONTROL PARA APLICACIÓN DEL FOSFATO**

El control es realizado en el momento en que se está realizando el proceso y en un formato se va llevando a cabo la inspección de las herramientas a las que se va a realizar el fosfatado, tomando en cuenta las temperaturas y el tiempo gastado en cada proceso. Este control es tomado en cuenta para la inspección de los estabilizadores y llevar una verificación de las herramientas que pasan por el método de fosfatización.

A continuación se presentaran los controles que hasta la fecha se tienen de las herramientas:

**Tabla 6.** Inicio del control para aplicación de fosfato.

<b>Control para la aplicación de fosfato</b>						
Operador:					Fecha:11-01-2018	
Cliente:						
Herramienta	Nº OIT	Temperatura		Inspección Visual		Observaciones
		Desengrasante	Fosfato	Conforme	No conforme	
SD604048	17-0158	94,9	91,3	X		PIN
		95,9	91,2	X		BOX
SD29242	18-0004	95,9	91,1	X		BOX
		93,3	90,9	X		PIN
SD603607	18-0006	87,9	85,2	X		BOX
		85,0	83,7	X		PIN
SD29241	18-0005	89,9	95,0	X		PIN
SD603928	18-0023	87,8	95,0	X		PIN
		88,9	95,0	X		BOX
SD23576	18-0022	89,9	95	X		PIN
		90,0	94,9	X		BOX

**Tabla 7.** Segundo control de aplicación de fosfato.

Control para la aplicación de fosfato						
Operador:					Fecha:12-01-2018	
Cliente:						
Herramienta	Nº OIT	Temperatura		Inspección Visual		Observaciones
		Desengrasante	Fosfato	Conforme	No conforme	
SD603424	17-0122	88,0	84,6	X		BOX UP
		89,1	84,9	X		BOX
SD603847	18-0014	90,1	85,7	X		BOX UP
		91,2	86,2	X		BOX
SD604050	17-0164	89,3	78,3	X		BOX UP
		96,3	84,3	X		BOX
SD600034	18-0024	93,6	84,3	X		BOX
		93,6	87,7	X		PIN
SD604049	17-0160	90,6	91,8	X		BOX UP
		91,0	91,9	X		BOX
SD 23714	18-0032	87,9	89,9	X		BOX
		85,0	87,3	X		PIN
SD 25064	18-0021	83,0	84,5	X		PIN
		80,2	83,1	X		BOX

**Tabla 8.** Tercer control de aplicación de fosfato.

Control para la aplicación de fosfato						
Operador:					Fecha:18-01-2018	
Cliente:						
Herramienta	Nº OIT	Temperatura		Inspección Visual		Observaciones
		Desengrasante	Fosfato	Conforme	No conforme	
SD29206	18-0043	84,7	93,6	X		PIN
		85,8	87,1	X		BOX
SD603725	18-0020	81,2	81,5	X		PIN
		76,5	82,1	X		BOX
SD603631		85,7	87,7	X		BOX
		88,2	88,3	X		BOX
SS603617	18-0035	89,4	87,6	X		PIN
		90,0	87,5	X		BOX
SD23051	18-0041	90,2	86,3	X		PIN
		91,1	86,4	X		BOX

En los formatos anteriormente evidenciados se toman como referencia para llevar acabo todo el proceso que lleva la herramienta desde que está en mantenimiento hasta que llega de pozo.

#### 4.5 MEDICIÓN DEL FACTOR DE DESGASTE

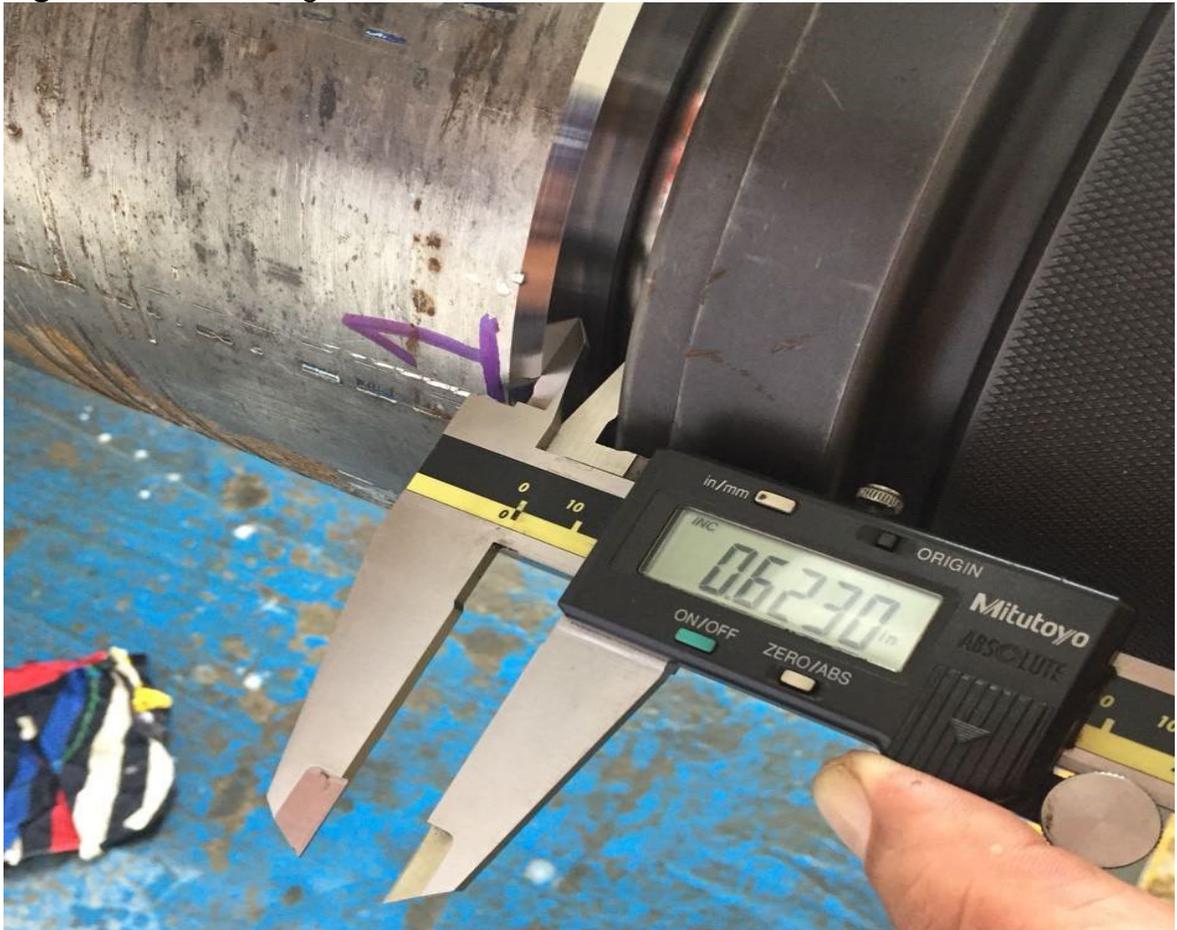
En primer lugar para saber el desgaste que ha sufrido la conexión después de estar en pozo se debe tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Medir la conexión después de salir de la parte de mecanizado (Torno).

- Realizar la medición con el Calibrador Pie de rey mitutoyo de 12 pulgadas.
- Al realizar la medición se debe utilizar un probador de rosca llamado Working Gages.
- La medición se realiza desde diferentes ángulos y se calcula una medición media, es decir un promedio de los diferentes ángulos.
- Por último se toma una medición final cuando la herramienta llega de pozo para determinar cuánto desgaste tuvo.

A continuación se evidenciarán las mediciones realizadas a las conexiones:

**Figura 31.** Primer ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento.



**Figura 32.** Segundo ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento



**Figura 33.** Tercer ángulo de medición a la conexión antes del tratamiento



**Figura 34.** Cuarto ángulo medición de la conexión antes del tratamiento.



**Figura 35.** Primer ángulo de medición después del tratamiento.



**Figura 36.** Segundo ángulo de medición después del tratamiento



**Figura 37.** Tercer ángulo de medición después del tratamiento



**Figura 38.** Cuarto ángulo de medición después del tratamiento



Las mediciones quedaron:

**Tabla 9.** Mediciones de las conexiones.

Antes del tratamiento	Después del tratamiento
0.6230 pulgadas	0.6285 pulgadas
0.6235 pulgadas	0.6290 pulgadas
0.6230 pulgadas	0.6290 pulgadas
0.6230 pulgadas	0.6300 pulgadas

En un promedio la medición de las conexiones antes del tratamiento es de 0.623125 pulgadas. El aumento después del tratamiento es de 0.628375 pulgadas.

El recubrimiento total en la conexión es 0.00525 pulgadas.

#### 4.6 EFICIENCIA DEL RECUBRIMIENTO DE FOSFATO EN CALIENTE

**Tabla 10.** Comparación del fosfato frío y caliente

	Fosfato en frío	Fosfato en caliente
<b>Tipo de fosfato</b>	Hierro	Manganeso
<b>Calidad del recubrimiento</b>	Baja	Alta
<b>Medición de la conexión antes del tratamiento</b>	0.623013 pulgadas	0.623125 pulgadas
<b>Medición de la conexión después del tratamiento</b>	0.625451 pulgadas	0.628375 pulgadas
<b>Recubrimiento total del tratamiento</b>	0.002438 pulgadas	0.00525 pulgadas
<b>Recubrimiento al llegar de pozo</b>	<b>0</b>	0.00325 pulgadas

Cuando la herramienta con fosfato en caliente llega de pozo la disminución de los hilos o disminución del recubrimiento disminuye a aproximadamente 0.00325 pulgadas lo que significa que el desgaste de la conexión después de ser utilizada es del 38.1%.

En la tabla 14 se puede observar que el mejor método es el recubrimiento con fosfato en caliente, ya que presenta una eficiencia del 61,9 %; contrario al fosfato en frío que el desgaste de la conexión es total.

## 5. ESTUDIO FINANCIERO

Debido a las diferentes formas a las que están expuestas las herramientas en los pozos petroleros, algunas conexiones de los estabilizadores se desgastan presentando corrosión y esto provoca una disminución de la vida útil de las herramientas, generando gastos para las empresas que realizan los mantenimientos. La empresa Superior Energy Services opta por implementar un recubrimiento en las conexiones de los estabilizadores con fosfato en caliente.

Después de analizar técnicamente las ventajas del recubrimiento con fosfato en caliente mediante las diferentes pruebas de laboratorio, se debe determinar la viabilidad financiera de la implementación de dicho recubrimiento.

Para determinar la viabilidad financiera se utiliza el indicador Beneficio/Costo (B/C), con una unidad monetaria el dólar (USD), el tiempo estimado será en 5 periodos (a corto plazo), con periodos mensuales y una Tasa de interés de oportunidad del 9,8% anual suministrada por la empresa.

### 5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)

Según la Enciclopedia financiera, el CAPEX hace referencia al dinero invertido para mejorar los activos producidos (entre ellos están: edificios, maquinaria, equipos, etc.) con la finalidad de aumentar la eficiencia de una empresa<sup>39</sup>.

**Tabla 11.** Costos de inversión

	Costo (USD)
Montaje sistema eléctrico	2760
Adecuación de tanques	1039
Adecuación puente grúa	6396
Certificación puente grúa	896
Esferas	1919
Estructura puente grúa	35113
<b>TOTAL</b>	<b>48123</b>

**Fuente.** Superior Energy Services. Inc. 2017.

Los costos presentados en la tabla 12 son los correspondientes a las inversiones fijas que se hacen solo durante el periodo 1 de los 5 que se analizaran.

<sup>39</sup> ENCICLOPEDIA FINANCIERA. Capex. Disponible en: <http://www.encyclopediainanciera.com/definicioncapex.html>. [Consultado en: 01 de Abril de 2018].

## 5.2 ANALISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN (OPEX)

Según la enciclopedia financiera, los costos de operación corresponden a los costos asociados a los desembolsos que tienen como fin la ejecución de un proyecto, entre ellos están los costos de funcionamiento, remediación de trabajos, etc.<sup>40</sup>.

Los gastos de operación se realizan cada 4 meses, es decir para los 5 periodos se realizan 3 compras.

**Tabla 12.** Costos de operación

Productos químicos	Costos (USD)
Bonderite CAK 7163 (75 Kg)	3
FOSFATO (250 Kg)	4
NEUTRALIZADOR (25 Kg)	21

**Fuente.** Superior Energy Services. Inc. 2017.

Para los tanque de 745.5 litros se necesitan:

- 1 producto de Bonderite CAK 7163 (desengrasante)
- 1 Producto de fosfato
- 1 producto de neutralizador.

## 5.3 ANALISIS DE INGRESOS

Para ésta sección se toman los ingresos relacionados con los mantenimientos que se están ahorrando que eran generados con el recubrimiento de fosfato en frio.

**Tabla 13.** Ingresos

	Valor (USD)
Mantenimiento	4837

**Fuente.** Superior Energy Services. Inc. 2017

<sup>40</sup> ENCICLOPEDIA FINANCIERA. Opex. Disponible en: <http://www.encyclopediainanciera.com/definicioncapex.html>. [Consultado en: 10 de abril de 2018].

## 5.4 EVALUACIÓN FINANCIERA

Para realizar la viabilidad o evaluación financiera de la implementación del recubrimiento de fosfato en caliente se debe determinar el indicador beneficio-costos (b/c).

**5.4.1 Tasa de interés de Oportunidad.** Es la tasa o porcentaje que una empresa sacrifica para desarrollar un proyecto.

La tasa de descuento (WACC: Weighted Average Capital Cost), se puede calcular con la siguiente ecuación:

### Ecuación 4. Formula del WACC

$$WACC = K_e \times \left(\frac{E}{D+E}\right) + K_d \times \left(\frac{D}{D+E}\right)$$

Donde:

$K_e$ : Costo de capital de accionistas.

$K_d$ : Costo de la deuda.

$E/(D+E)$  y/o  $D/(D+E)$ : Proporción de capital de la empresa financiada.

**Fuente.** Formula del WACC, [en línea]. Disponible en: <https://blog.luz.vc/es/Que-es/comó-a-Calcular-pago-por-descuento-wacc/>. [Citado el 2 de abril de 2018].

Para la empresa Superior Energy Services, la TIO de éste proyecto corresponde al 9,8% anual.

Para convertir ésta tasa a mensual se determina por la siguiente ecuación:

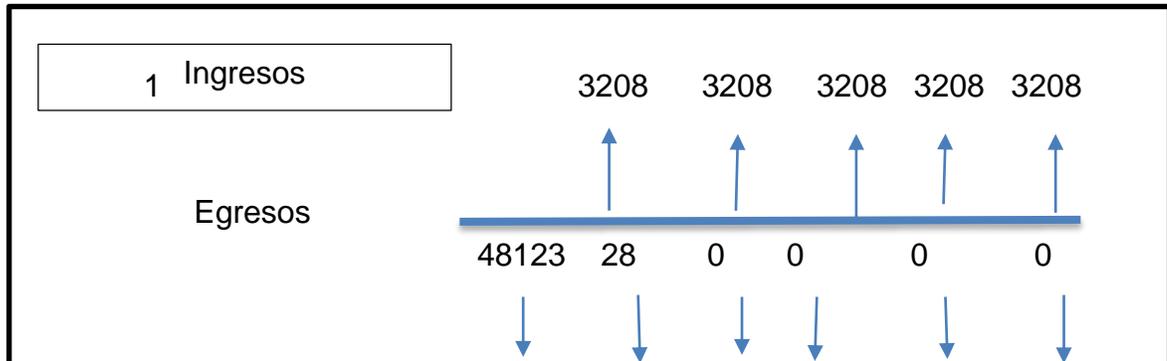
### Ecuación 5. Calculo de tasa mensual.

$$TIO \text{ efectivo mensual} = (1 + TIO \text{ anual})^{1/m} - 1$$

Con la anterior ecuación la TIO para éste proyecto es de 0.00782% efectivo mensual.

## 5.4.2 Flujo de Caja

**Figura 39.** Flujo de Caja del proyecto



**Fuente.** Superior Energy Services.Inc.2017. Modificado por la autora.

Después de tener el flujo de caja se determina el valor presente neto de los ingresos y egresos:

**Ecuación 6.** VP Ingresos

$$VP = \frac{3208}{(1+0.00782)} + \frac{3208}{(1+0.00782)^2} + \frac{3208}{(1+0.00782)^3} + \frac{3208}{(1+0.00782)^4} + \frac{3208}{(1+0.00782)^5}$$

**Fuente.** Superior Energy Service. Inc.2017. Modificado por autora

El valor presente de los ingresos es de **15670.4619 USD**.

Se debe realizar el valor presente de los egresos:

**Ecuación 7.** VP egresos

$$VP = 48123 + \frac{27.5}{(1+0.00782)^1} + \frac{0}{(1+0.00782)^2} + \frac{0}{(1+0.00782)^3} + \frac{0}{(1+0.00782)^4} + \frac{0}{(1+0.00782)^5}$$

**Fuente.** Superior Energy Service. Inc.2017. Modificado por autora

El valor presente de los egresos es de **48150 USD**.

### 5.4.3 Relación beneficio-costo

Ésta relación indica el grado de desarrollo o beneficio que tiene un proyecto. Ésta relación se determina mediante la ecuación 8.

**Ecuación 8.** Ecuación relación beneficio - costo

$$\frac{B}{C} (i) = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^n}}$$

**Fuente:** BACA, Guillermo C. Ingeniería económica. Bogotá: Fondo educativo panamericano, 2000. 366p.

El resultado de la ecuación 5 se divide en 3 respuestas:

B/C= [ $<1$ ,  $=1$ ,  $>1$ ]

- Si B/C  $<1$  significa que los ingresos son menores que los costos, por lo que el proyecto no cumple con las expectativas del inversionista.
- Si B/C  $=1$  significa que el proyecto le es indiferente al inversionista.

Si B/C  $>1$  significa que el proyecto es beneficioso para el inversionista permitiendo tener total certeza que es financieramente viable<sup>41</sup>.

Después de obtener el valor presente de los ingresos y egresos a corto plazo se determina la relación beneficio/costo.

**Ecuación 9.** Valor Beneficio/Costo

$$\frac{B}{C} = \frac{15670}{48150} = 0,32$$

El resultado del indicador beneficio/costo revela que es menor a 1, esto indica que a corto plazo el proyecto no dará ingresos, por lo tanto no cumple con las expectativas del inversionista.

El proyecto financieramente no es beneficioso, esto se da a que en el corto tiempo que fue determinado el indicador no se han realizado alquileres de los equipos, sino solo se ha desarrollado la implementación que ha comprobado que los ahorros serán a un largo plazo y a corto solo se determinara un beneficio en la vida útil y en el mantenimiento de las herramientas.

<sup>41</sup> ACA, Guillermo C. Ingeniería económica. Bogotá: Fondo educativo panamericano, 2000. 366p.

## 6. CONCLUSIONES

- Las herramientas y equipos petroleros presentan un grave problema como es la corrosión, debido a las condiciones a los que son sometidos: agua, ácidos, gases, etc., demostrando que se necesita de un recubrimiento que proteja éstos equipos para que la vida útil no disminuya y por lo tanto no se aumenten los costos tanto de la compra de nuevos equipos como de mantenimientos para las empresas.
- El recubrimiento con fosfato en frío presento problemas debido al mal procesamiento que se realizaba a las herramientas (limpieza, desengrase, etc.) y a su vez al producto utilizado que es el fosfato de hierro y éste no cuenta con buenas características de durabilidad e indica poca compatibilidad con el metal.
- El recubrimiento realizado a la conexión con fosfato en frío, indico que el factor de desgaste al llegar de pozo era total, es decir llegaba en malas condiciones observándose corrosión y por lo tanto su medición era 0.
- Las pruebas de laboratorio realizadas al fosfato en caliente y desengrasante, demuestran la calidad de los productos para obtener así un buen recubrimiento.
- Con base en la información obtenida se sugiere el uso del recubrimiento de fosfato en caliente en las conexiones de los estabilizadores, debido a que presentan mayor adherencia al metal, lo que indica una mayor durabilidad del recubrimiento y por lo tanto una mejor eficiencia (61,90%).
- Después de analizar la viabilidad financiera del indicador beneficio-costos del proyecto a corto plazo, se determinó que no es viable la implementación del recubrimiento con fosfato en caliente, ya que los egresos (\$48150) superan los ingresos (15670), pero a mediano plazo (3 años) los ingresos superarían la inversión inicial viéndose reflejados en los mantenimientos y alquiler de herramientas siendo alrededor de 80200 dólares.

## 7. RECOMENDACIONES

- Realizar el seguimiento a las herramientas cuando regresan a la empresa para la inspección y mantenimiento, para ir determinando el desgaste que tienen las conexiones.
- Monitorear semanalmente los baños en los tanques y realizar siempre una agitación para que no queden contenidos o contaminantes en la base de los tanques.
- Realizar capacitaciones a los empleados que participan en todo el proceso de recubrimiento.
- Inspeccionar que las conexiones queden totalmente limpias, libre de partículas contaminantes para que el fosfato se adhiera más fácil al metal.
- Analizar los resultados de las pruebas de laboratorio para comprobar los niveles bajos o altos de acidez para corregir los baños antes de iniciar el proceso.
- Realizar el proceso con fosfato en caliente en las conexiones de moneles (DCNM).
- Realizar chequeos médicos al personal que tiene contacto con los químicos del proceso de fosfato cada 3 meses.

## BIBLIOGRAFIA

Astralloy Nucor Company, 4145H-Mod SP [en línea]. Disponible en: [http://www.astralloy.com/es/files/pdf/4145\\_H-Mod\\_SP.pdf](http://www.astralloy.com/es/files/pdf/4145_H-Mod_SP.pdf). [Citado el 25 de febrero de 2018].

ALFONSO AVILA YA, BARRANTES RAMIREZ MC. Desarrollo de una alternativa química para el recubrimiento de conexiones nuevas en tubulares de perforación a partir del ácido fosfórico en la empresa tuboscope brandt de Colombia. Ingeniera Química, Universidad de América, 2006. 235 p.

BACA C., Guillermo. Ingeniería Económica. Editorial educativa. Octava edición. 2005.411 p.

BELTRÁN, Climent y GABE, D. Fundamentos del tratamiento y protección de superficies metálicas. 1 ed. Alhambra, 1975.

Casallas Hernández, GL, Camacho Chacón, RP, “Evaluación y propuesta para la adecuación del proceso de fosfatado de superficies metálicas en la Disecon LTDA”, ingeniería Química, Bogotá, 2003, 182 p.

ENCICLOPEDIA FINANCIERA. Capex. [en línea]. Disponible en: <http://www.encyclopediainanciera.com/definicioncapex.html>. [Consultado en: 01 de Abril de 2018].

Formula del WACC, [en línea]. Disponible en: <https://blog.luz.vc/es/Que-es/como-a-Calcular-pago-por-descuento-wacc/>. [Citado el 2 de abril de 2018].  
Galvele JR. Corrosión. Buenos Aires, Argentina: 1979, 84 p.

GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ, Augusto. Teoría y práctica de la fosfatación de los metales ferrosos. 5º edición. Bogotá, Colombia. 1991.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC5613. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 33p.c

\_\_\_\_\_. Documentación .Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C. El Instituto, 2008. 36p. 2008.

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de información electrónica .NTC 4490. Bogotá D.C. El instituto. 1998. 23p.

NACE international. Corrosión of oil-and gas-well equipment. United states. 1978, 87 p.

Patente EEUU. [en línea]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US3007817>. [Citado el 15 de marzo de 2018].

PÉREZ, Morela. Recubrimiento de los metales. Buenos Aires, Argentina. 1989.  
Sandoval Rodríguez, WD. Patronamiento de tendencias direccionales en la cuenca del putumayo para los pozos loro y acae. Ingeniería de Petróleos, Universidad de América, 2001, Anexo A 8 p.

SANKARA NARAYANAN T.S.N., JEGANNATHAN S., RAVICHANDRAN K. Surface pretreatment by phosphate conversion coatings a review. [en línea]. Disponible en: [http://phys.mech.nw.ru/e-journals/RAMS/no\\_2905/narayanan.pdf](http://phys.mech.nw.ru/e-journals/RAMS/no_2905/narayanan.pdf). [Citado el 22 de febrero de 2018].

Schlumberger, Introducción al equipo de perforación [en línea]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/geronimoms/schlumbergerintroduccionalequipodeperforacion>. [Citado el 22 de marzo de 2018].

SUPERIOR ENERGY SERVICES. "Control y corrección del baño de fosfato". Brasil. 2017. 8.p.

\_\_\_\_\_. Proceso pruebas de laboratorio. Villavicencio. Colombia. 2017. P. 2.

Rivera Juárez, P. Diseño sarta de perforación en el pozo mecatepex 118. [en línea]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7502/TESIS%20DISE%C3%91O%20DE%20SARTA%20DE%20PERFORACION.pdf?sequence=1>. [Citado el 10 de octubre de 2017].

VARGAS NAVARRO, JA. Producción de fosfato de zinc para recubrimientos de piezas cold rolled en industrias químicas saint germain Ltda. Ingeniería Química, Universidad de América, 2014, 90 p.

## Anexos

ANEXO A  
IMPRIMANTE INORGÁNICO DE ZINC

<b>Ficha de Datos de Seguridad</b> según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1	
Fecha de impresión: 29/ 07/ 2009 Página 1/6	
Revisión: 29/ 07/ 2009	
<b>11. Identificación del producto y de la empresa</b>	
Identificación del producto:	
Nombre comercial	Código
<b>Imprimante Inorgánico de Zinc, Comp. A</b> (Antes <b>Friazinc ZS</b> )	<b>5815</b>
Información del fabricante/distribuidor	
Fabricante/distribuidor:	Sika Colombia S.A.
Dirección:	Vereda Canavita km 20.5 Autopista Norte
Código postal y ciudad:	Tocancipá, Cundinamarca
País:	Colombia
Número de teléfono:	571 8786333
Fax:	571 8786660
Información general:	571 8786333 - País:01 8000 917452
Teléfono de urgencias:	CISPROQUIM Bogotá: 2886012 / 2886355 Resto del 83ísi: 01 8000 916012
<b>2. Identificación de peligros</b>	
Identificación de peligros	
F	Fácilmente inflamable
Información sobre peligros para el hombre y el medio ambiente	
11	Fácilmente inflamable.

### 3. Composición/información de los componentes

Descripción química  
Componente para recubrimiento con base en ligantes de silicato y polvo de Zinc.

#### Componentes peligrosos

Designación según Directiva 67/548/EEC	Número CAS	Concentración	Símb. Peligro	Frases R
· Nafta disolvente (petróleo), fracción alifática ligera	64742-89-8	1 - 9 %	F,Xn	11,65
· Xileno	1330-20-7	1 - 4 %	Xn	10,20/21,38
· 1-metoxi-2-propanol	107-98-2	5 - 20 %		10
· Varsol	8032-32-4	5 - 10 %	Xn	36, 37,38

### 11. Primeros auxilios

Instrucciones generales  
Facilitar siempre al médico la hoja de datos de seguridad.

En caso de inhalación  
Procurar aire fresco.  
Procurar tratamiento médico.

Nombre comercial: **Imprimante Inorgánico de Zinc C.A (Friazinc ZS)**

Fecha de impresión: 29/ 07/ 2009

Página 2/6

Revisión: 29/ 07/ 2009

### 11. Primeros auxilios (continuación)

En caso de contacto con la piel  
Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.  
Quitar inmediatamente la ropa empapada o manchada, no dejar secar. Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico.

En caso de contacto con los ojos  
Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos.  
Acudir inmediatamente al médico.

En caso de ingestión  
No provocar el vómito.  
Requerir inmediatamente ayuda médica.

#### **11. Medidas de lucha contra incendios**

Medios de extinción adecuados:

Dióxido de carbono

Polvo extintor

Espuma

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad:  
Chorro de agua

Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia,  
sus productos de combustión y gases producidos

En caso de incendio puede(n) desprenderse:

Monóxido de carbono (CO)

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios  
Usar equipo respiratorio autónomo.

Indicaciones adicionales

Refrigerar con agua pulverizada los recipientes en peligro.

Los restos del incendio así como el agua de extinción contaminada,  
deben eliminarse según las normas locales en vigor.

**11. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**

Precauciones individuales

Llevar las personas a un sitio seguro.

Procurar ventilación suficiente.

Llevar ropa de protección personal.

En caso de exposición a vapores/polvo/aerosol, usar protección respiratoria.

Medidas de protección del medio ambiente:

En caso de penetración en cursos de agua, el suelo o los desagües, avisar a las autoridades competentes.

Nombre comercial: **Imprimante Inorgánico de Zinc, C.A (Friazinc ZS)**

Fecha de impresión: 29/ 07/ 2009

Página 3/6

Revisión: 29/ 07/ 2009

**11. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**  
(continuación)

Métodos de limpieza

Recoger con materiales absorbentes adecuados.

No absorber con serrín u otro material combustible.

Evitar chispas

Tratar el material recogido según se indica en el apartado "eliminación de residuos".

## 7. Manipulación y almacenamiento

### Manipulación:

Indicaciones para manipulación sin peligro  
Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal

Procurar buena ventilación de los locales; dado el caso, instalar aspiración localizada en el lugar de trabajo.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

Mantener el producto lejos de fuentes de ignición - no fumar.

Tomar medidas contra cargas electrostáticas.

Utilizar sólo aparatos protegidos contra explosiones.

Los vapores pueden formar con el aire mezclas explosivas.

Los vapores del producto son más pesados que el aire.

En recipientes vacíos sin limpiar, pueden formarse mezclas inflamables.

### Almacenamiento:

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto

Mantener alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.

Información adicional relativa al almacenamiento

Proteger de temperaturas elevadas y de los rayos solares directos.

## 8. Límites de exposición y medidas de protección personal

Componentes con valores límites a controlar en el lugar de trabajo

Designación del componente

Número CAS Tipo

Ref./País/Año

· Nafta disolvente (petróleo), fracción alifática ligera

64742-89-8 MAK

1000 mg/m<sup>3</sup>

TRGS

900/DE/1998

64742-89-8 MAK

200 ml/m<sup>3</sup>

TRGS 900/DE/1998

### Protección personal:

Medidas generales de protección e higiene

No respirar los vapores.

Evitar el contacto con los ojos y la piel.

Preveer una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo

No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.

Quitarse inmediatamente la ropa manchada o empapada.

Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.

Nombre comercial: **Imprimante Inorgánico de Zinc C.A (Friazinc ZS)**  
Fecha de impresión: 29/ 07/ 2009  
Página 4/6

Revisión: 29/ 07/ 2009

8. Límites de exposición y medidas de protección personal  
(Exposición)

Protección respiratoria  
En caso de ventilación insuficiente  
Máscara de protección para polvos con filtro para vapor  
tipo A El tipo de filtro de vapor depende de la  
concentración ambiental de contaminante en el lugar  
Por aplicación de spray  
Filtro combinado A-P  
Protección de las manos  
Guantes de plástico  
Protección de los ojos  
Gafas protectoras herméticamente  
cerradas  
Protección corporal  
Ropa de trabajo

**9. Propiedades físicas y químicas**

Aspecto:  
Estado físico: líquido  
Color: rojizo  
Olor: característico  
Datos signif. P. la seguridad  
Punto de inflamación: < 26 °C Método  
ASTM  
D 3278  
Densidad a 20°C Aprox.  
1.3 g/cm<sup>3</sup>  
Solubilidad en agua Se produce hidrólisis.  
Viscosidad a 23°C (tiempo de flujo) ND

## **10. Estabilidad y reactividad**

Condiciones que deben evitarse

Formación de mezclas de gases con el aire explosivas.

Materias que deben evitarse / Reacciones peligrosas

Posibles reacciones peligrosas con:

Oxidantes

Debido a la elevada presión de vapor, al aumentar la temperatura, existe el peligro de reventón de los recipientes.

Reacciona lentamente con el agua con formación de metanol/etanol y disminución del punto de inflamación

Descomposición térmica y productos de descomposición peligrosos

Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

Nombre comercial: **Imprimante Inorgánico de Zinc C.A (Friazinc ZS)**

Fecha de impresión: 29/ 07/ 2009

Página 5/6

Revisión: 29/ 07/ 2009

## **11. Informaciones toxicológicas**

Sensibilización:

No se conocen efectos sensibilizantes a largo plazo

Experiencia sobre personas

Contacto con la piel:

Puede causar irritación

Contacto con los ojos:

Irritación

Inhalación:

Irritación

Los vapores tienen efecto narcótico. Pueden verse afectado el tiempo de reacción y el sentido de la coordinación

Ingestión:

Una pequeña cantidad puede causar perturbaciones considerables en la salud.

## **11. Informaciones ecológicas**

Indicaciones adicionales

El producto es contaminante del agua

No permitir el paso al alcantarillado, cursos de agua o terrenos.

## 11. Eliminación de residuos

### Producto / Recomendaciones

Recoger residuos con material absorbente

Incinerar en hornos o plantas de combustión aprobadas por las autoridades locales.

Observadas las normas en vigor, puede ser tratado en un centro de eliminación de residuos industriales.

### Envases/embalajes sin limpiar:

#### Recomendaciones

Envases/embalajes totalmente vacíos pueden destinarse a reciclaje.

Envases/embalajes que no pueden ser limpiados deben ser eliminados de la misma forma que la sustancia contenida.

## 11. Información relativa al transporte

### ADR/RID

No. ONU: 1263 Clase: 3 Grupo de  
embalaje: II Nombre de expedición  
Pintura  
Etiqueta N°: 3

### IMO/IMDG

No. ONU: 1263 Clase: 3 Grupo de  
embalaje: II Nombre de expedición  
Paint  
Etiqueta N°: 3

Nombre comercial: **Imprimante Inorgánico de Zinc C.A (Friazinc ZS)**  
Fecha de impresión: 29/ 07/ 2009  
Página 6/6

Revisión: 29/ 07/ 2009

## 11. Información relativa al transporte (continuación)

### IATA/ICAO

No. ONU: 1263 Clase: 3 Grupo de  
embalaje: II Nombre de expedición  
Paint  
Etiqueta N°: 3

### 15. Disposiciones de carácter legal

Etiquetado según 88/379/EEC

El producto está clasificado y etiquetado según Directivas CE y la legislación nacional correspondiente.

	Símb.	Peligro
F		Fácilmente inflamable
	Frases R	
11		Fácilmente inflamable.
	Frases S	
	16	Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas
		--- No fumar.
	23	No respirar los gases / humos / vapor / spray
33		Evítese la acumulación de cargas electroestáticas.
38		En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado. 51
		Úsese únicamente en lugares bien ventilados.

### 16. Otras informaciones

Definición de abreviaturas:

CAS: Chemical Abstract number

NA: no aplica

ND: no disponible

ONU: organización de naciones unidas ADR: Acuerdo europeo concerniente a la carga de materiales peligrosos por carretera

ADR: Acuerdo europeo concerniente a la carga de materiales peligrosos por carretera

RID: Acuerdo europeo concerniente a la carga de materiales peligrosos por ferrocarril

IMO: Organización marítima internacional

IATA: Organización internacional de transporte aéreo

ICAO: Organización internacional de aviación civil

La información contenida en esta Ficha de datos de seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras condiciones generales de venta en vigor. Por favor, consultar la Hoja Técnica antes de su uso y procesamiento.

ANEXO B  
BONDERITE C-AK 7163

# BONDERITE

Fichade Seguridad  
Bonderite C-AK 7163

Limpiador alcalino

IDH: 1129411,1129544



## SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

**Nombre del producto:** BONDERITE C-AK 7163  
**Código del producto:** 1129411, 1129544  
**Número UN:** 3266, Líquido alcalino corrosivo

**Clase UN:** 8  
**Compañía que desarrolló la TE:** HENKEL Colombiana S.A., Calle 17 68C-81 Bogotá, Colombia  
División Technologies – Directo: (57)(1) 411 4024  
Fax: (57)(1) 411 4104

**Teléfonos de emergencia:** (57)(1) 423 8900 / 9000 – ext. 1403

## SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

**Peso molecular:** No aplicable  
**Fórmula molecular:** No aplicable

# CAS	Componente	Porcentaje
1310-58-3	Potasa cáustica	30 – 50

**Uso:** Es un limpiador líquido aplicable en industria Metalmecánica.

### SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

#### VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

El producto alcalino y corrosivo. Produce quemaduras en la piel, ojos y mucosas.

Órganos blandos: Piel, ojos y membranas mucosas.

#### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD

**Inhalación:** Quemaduras en las mucosas del tracto respiratorio.  
**Ingestión:** Quemaduras en la boca, esófago y estómago.  
**Piel:** Quemaduras.  
**Ojos:** Quemaduras irreversibles de la córnea.

---

HENKEL Colombiana S.A  
Calle 17 68B-81 / Bogotá, Colombia  
PBX: 423 8900 / 9000 – Directo:  
411 4024 – Fax: 411 4104 Ext:  
1609, 1622, 1623, 1603, 1608.  
Linea 01 800 01 14173 – 01 800  
01 15440

[www.henkel.com](http://www.henkel.com)  
Página 1 de 6

### SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Por inhalación:** El paciente se debe llevar al aire fresco. Si la víctima no respira el personal capacitado debe dar respiración artificial o suministrar oxígeno y conseguir atención médica inmediata.

**Por ingestión:** No se debe inducir el vómito. Se recomienda lavar la boca del paciente con agua. Si está consciente, darle a beber bastante agua y conseguir atención médica inmediatamente.

**Por contacto con la piel:** La ropa y calzado contaminados se deben retirar inmediatamente y la zona afectada se debe lavar mínimo durante 15 min con agua y un jabón suave. Avisar inmediatamente al médico.

**Por contacto con los ojos:** Se deben lavar mínimo durante 15 min con abundante agua levantando y separando los párpados hasta remover cualquier residuo del producto. Si el paciente usa lentes de contacto estos deben removerse tan pronto sea posible para permitir un mejor enjuague de los tejidos y evitar la acumulación del producto sobre la córnea. Se debe conseguir atención médica inmediatamente.

*Nota para los médicos: Luego de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable comunicarse con un médico especialista en toxicología para obtener la información detallada acerca de la atención que se le debe dar al paciente teniendo en cuenta su estado, los síntomas existentes y las características del producto químico con el cual tuvo contacto.*

## SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

**Punto de inflamación:** No aplicable.

**Temperatura de autoignición:** No aplicable.

**Límite de inflamabilidad:** No aplicable.

**Peligros de incendio o explosión:** El producto es incombustible. En caso de incendio por contacto con materiales combustibles se recomienda rociar con agua los empaques que contienen el producto.

**Medios adecuados de extinción:** Polvo químico seco, CO<sub>2</sub>, espuma o agua pulverizada. El agua debe ser usada únicamente para enfriar los contenedores expuestos al fuego y evitar el contacto directo con el producto.

**Productos de la combustión:** El producto es incombustible. En caso de incendio por contacto con materiales combustibles la combustión de material plástico del empaque libera monóxido y dióxido de carbono

**Precauciones durante un incendio o explosión:** Se deben refrigerar los recipientes y precipitar los vapores con rocío de agua desde una distancia segura. Se debe evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos. Se debe evitar toda fuente de ignición y ventilar los espacios confinados. Evacuar y aislar el

área entre 100 y 150 metros a la redonda.

**Instrucciones para combatir el fuego:**

Se debe evacuar y aislar el área de peligro y restringir el acceso al personal. Ubicarse a favor del viento y usar equipo de protección adecuado. Si no hay riesgo, deben retirarse los empaques de producto que no se hayan quemado.

**SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIMIENTO ACCIDENTAL**

Se debe aislar y demarcar el área y restringir el acceso al personal que no está capacitado o que no tiene el equipo de protección. El producto derramado se debe recoger utilizando elementos absorbentes tales como calcetines, almohadas o paños anticorrosivos y depositarlo en recipientes plásticos con tapa, limpios, secos, herméticos y claramente rotulados para su disposición posterior. Las superficies deben lavarse después con abundante agua evitando que las aguas lleguen directamente a la alcantarilla sin un tratamiento previo. Neutralizar con ácido sulfúrico diluido.

**SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

- El producto se debe mantener bien cerrado, seco y a la temperatura ambiente (15°C a 20°C). El almacenamiento debe ajustarse a lo exigido por la ley colombiana No.55 de 1993 sobre sustancias químicas y según el sistema IMCO.
- Almacenar en un lugar fresco y bien ventilado.
- Proteger el material de la luz directa del sol.
- No almacenar en recipientes de aluminio, estaño o zinc.

**SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**

**Normas de exposición**

**A: Información general del producto**

Los siguientes son los límites de exposición aplicables

**B: Límites de exposición de los componentes**

## Potasa cáustica en escamas [1310-58-3] Soda cáustica en escamas [1310-73-2]

ACGIH: Ninguno

ACGIH: Ninguno NIOSH: 2 mg/m<sup>3</sup>

NIOSH: 2 mg/m<sup>3</sup>

OSHA PEL†: Ninguno

OSHA PEL†: 2 mg/m<sup>3</sup> TWA

**Controles de ingeniería:** El espacio de trabajo debe estar dotado de un sistema de extracción adecuado para evitar la acumulación de vapores (neblinas). Se deben controlar las condiciones de proceso. Debe disponerse de una ducha de emergencia con lavaojos.

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

**Protección de los ojos y la cara:** Máscara facial completa o gafas de seguridad para

productos químicos con lente de policarbonato y protector contra salpicaduras.

**Protección de las manos:**

Guantes de caucho butilo, nitrilo, neopreno, natural o PVC de manga larga (deben cubrir totalmente el antebrazo).

**Protección del cuerpo:**

Overol, delantal o peto de caucho butilo. Botas impermeables de caucho butilo.

**Protección respiratoria:**

Mascarilla de cara completa con cartucho para vapores alcalinos y prefiltro para material particulado (gotas pulverizadas).

**Medidas de higiene particulares:** Retirarse la ropa de protección y lavarse muy bien las manos y la cara con jabón luego de manipular el producto, especialmente antes de las comidas.

## SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

**Estado físico:**

Líquido viscoso

**Color:**

Incoloro

**Olor:**

Ninguno

**Alcalinidad total:**

15.5 – 16.7 % Na<sub>2</sub>O

**Punto de fusión:**

No aplicable

<b>Punto de ignición:</b>	No aplicable
<b>Límites de explosión:</b>	<b>Bajo:</b> No aplicable <b>Alto:</b> No aplicable
<b>Densidad (18 – 20°C):</b>	1.43 – 1.490 g/cm <sup>3</sup>
<b>Solubilidad en Agua (20°C):</b>	Completamente soluble
<b>Descomposición térmica:</b>	No aplicable

## SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad química:** El producto es un líquido corrosivo que ataca los metales (con excepción del acero inoxidable), la porcelana y la cerámica.

**Condiciones a evitar:** Materiales incompatibles.

**Materiales incompatibles:** Metales Blandos por la formación de hidrogeno, ácidos.

**Productos peligrosos de descomposición:**  
No aplicable.

**Polimerización peligrosa:** No ocurre.

## SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

**Toxicología de corta duración:**

### 11. Información general del producto

\* Por contacto con la piel: Causa quemaduras.

\* Por contacto con los Causa quemaduras.

ojos:

\* Por ingestión: Causa quemaduras de las mucosas en la boca, garganta, esófago y tracto digestivo.

\* Por inhalación: Causa quemaduras en las mucosas del tracto respiratorio

### B. Análisis por componente-LD<sub>50</sub>/LC<sub>50</sub>

**Potasa cáustica en escamas [1310-58-3]**

Oral LD<sub>50</sub> Ratas: 273 mg/Kg

LC<sub>50</sub>: 10 mg/L

## Controles de exposición

Este producto no es, ni contiene en su formulación, ningún compuesto cancerígeno de los que se señalan por parte de la OSHA, IARC ó NTP.

## SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo y tratamiento de las aguas residuales, es decir, su neutralización no debe esperarse efectos ecológicos del producto.

## SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

- Las sustancias que resultan como residuos de los procesos químicos industriales tienen el carácter de residuos especiales y su eliminación se encuentra regulada por las leyes y disposiciones locales.
- Se debe contactar a las entidades adecuadas (Ministerio del Medio Ambiente – Ministerio de Salud – DAMA – Corporaciones Regionales – Empresa de Acueducto y Alcantarillado) para aplicar la información específica en cada caso.

### Envases:

Su eliminación debe realizarse de acuerdo con las disposiciones oficiales. Para disponer de los embalajes contaminados con producto deben adoptarse las mismas medidas que para el producto contaminante.

## SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

De acuerdo a la reglamentación nacional establecida en el Decreto No.1609.

UN: 3266

Clase: 8

Las informaciones relativas al transporte se mencionan de acuerdo con la reglamentación internacional y en la forma como se aplican en Alemania (GGVS/GGVE).

Transporte por tierra ADR/RID y GGVS/GGVE

Clasificación GG/ VS/GGVE

8 Cifra y Letra:

41b

Clasificación ADR/RID

8

Cifra y Letra: 41b

Transporte Marítimo IMDG

Clasificación IMDG: 8      Número UN: 3266      Grupo empaque II

Transporte aéreo ICAO/IATA y IATA-DGR

Clasificación ICAO/IATA: 8 UN/ID-No: 3266      Grupo empaque II

### **SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

Etiquetado según directivas del Instituto Colombiano de normas Técnicas "ICONTEC"

Pictograma:                      C: Corrosivo

#### **Indicaciones de los peligros:**

Frases R: (35)                      \* Provoca quemaduras graves  
Frases S: (26-37/39-45)              \* Muy tóxico por inhalación.  
acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta)

### **SECCIÓN 16: INFORMACIÓN ADICIONAL**

**NFPA: Inflamabilidad: 0, Salud: 2, Reactividad: 0, Otros: ALK**  
Escala de peligro: Mínima = 0, Baja = 1, Moderada = 2, Seria = 3, Severa = 4.

**HMIS: Inflamabilidad: 0, Salud: 2, Reactividad: 0, Otros: ALK**  
Escala de peligro: Mínima = 0, Baja = 1, Moderada = 2, Seria = 3, Severa = 4.



## BONDERITE M-MN LUBRITE 2 MANGANESE PHOSPHATE (KNOWN AS PARCO LUBRITE 2)

### 11. Introduction:

BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) is formulated to produce nonmetallic, oil-absorptive coatings on iron and 100ísic bearing surfaces. These 100ísico100tu-resistant coatings consist chiefly of iron and manganese phosphates, and reduce wear on such articles as pistons, rings, liners, camshafts, tappets, motor blocks and similar bearing surfaces. Other beneficial effects may be summarized as follows:

- A. Permits rapid break-in of moving parts without scuffing or welding by preventing metal to metal contact between the bearing surfaces.
- B. Increases lubrication of treated surfaces due to the oil-absorptive coating.
- C. Removes light metal scratches remaining from machining operations.
- D. Retards 100ísico100tu.
- E.

### 2. Operating Summary:

<u>Chemical:</u>	<u>Bath Preparation per 100 gallons:</u>
BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2)	120 pounds (11 gallons)
BONDERITE M-AD 1 (known as Additive 1) <u>or</u> BONDERITE M-AD 10 (known as Additive 10) Steel wool/scrap iron	2 pounds, <u>or</u> 0.5 – 1 gallon Immersed 1 hour at 150 – 160°F

<u>Operating and Control:</u>	
Total Acid	11.5 to 12.5 points (ml)
Free Acid	2.0 to 2.2 points (ml)
Iron	0.2 to 0.3% (2 to 3 ml)
Time	Approximately 15 minutes
Temperature	205° to 210° Fahrenheit

### 3. The Process:

The coating is usually applied on 101ísico101tu parts which are expensive, and care must be exercised in their cleaning and processing to avoid rejects. In carrying out the treatment, suitable cleaning and processing equipment should be provided. Articles of established manufacturing limits and tolerances should first be processed on an experimental basis and submitted for approval before they are processed on a production basis. The same cleaning and processing procedures should be followed on articles treated in production that were employed on the experimental trial. In view of the wide variety of articles and many types of 101ísic and iron treated with the process, no general instructions can be given which will apply in every case. However, the instructions given herein have been derived from 101ísico101tu experience and if carefully followed, should produce satisfactory results.

The complete process for the treatment normally consists of the following steps:

- A. Cleaning
- B. Water rinsing
- C. Conditioning (optional)
- D. Treating with the BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) processing solution; E. Water rinsing
- F. Post treatment (required only for 101ísico101tu resistance)
- G. Drying (not

required if a soluble oil is to be applied)

H. Oil finishing.

#### **4. Materials:**

BONDERITE M-AD 1 (known as Additive 1) or BONDERITE M-AD 10 (known as Additive 10)(or 102ísic wool or scrap iron, used only for buildup) Neutralizer 200

BONDERITE CLEANER

BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as

PARCO LUBRITE 2) BONDERITE (oil finish)

BONDERITE (post treatment, required only for 102ísico102tu resistance)

BONDERITE M-AC M (known as FIXODINE M)

(conditioning agent, optional) Hydrogen peroxide

Testing Reagents and Apparatus

#### **5. Equipment:**

Process tanks and housings may be fabricated from mild 102ísic plate, however, equipment life will be greatly extended by using a 300 series alloy stainless 102ísic, such as 304L or 316L. The 316L being preferred for 102ísico102 tank life. Process pumps should be constructed of 316 or 304 stainless 102ísic alloys. In all cases approved welding techniques must be used.

Heat exchanger plates should be polished 316 stainless 102ísic. If gas fired burner tubes are used, they should be made of Schedule-80 mild 102ísic pipe or equivalent. All process circulation pump seals, valve seats, etc., which come into contact with the process solution and occasional acid equipment cleaners, should be EPDM, FKM or PTFE. Note that while CSPE is compatible with the process solution, it is not compatible with acid equipment cleaners which may be used.

Chemical feed pump parts and other elastomers which may come into contact with the concentrated replenishing chemical should be EPDM, CSPE, FKM or PTFE.

Support equipment available from Henkel Surface Technologies for this process includes: chemical feed pumps, level controls, transfer pumps and bulk storage tanks.

Your local sales representative should be consulted for information on Henkel Surface Technologies automatic process control equipment for this process and any additional questions.

#### **11. Surface Preparation:**

##### Cleaning:

All metal must be clean and free from rust, oil, grease, buffing, polishing and drawing compounds, smut, and dirt before the treatment. The type of cleaning used is very important in promoting uniform etching of the metal by the processing solution and

in avoiding excessive coating buildup. Unless specified, no strong alkali 103ísico103 pickle should be used in the cleaning operation. When it is necessary to use stronger cleaners, the crystalline structure of the coating may be modified by using BONDERITE M-AC M (known as FIXODINE M) conditioning agent.

Precision parts may be cleaned in a solvent such as mineral spirits, followed by wiping dry with a clean cloth. PARCO CLEANERS 110 and 302 were especially developed for use prior to the PARCO LUBRITE treatment. PARCO CLEANER

110 is a solvent cleaner designed for the immersion cleaning of machined parts and requires no hand wiping. PARCO CLEANER 302 has no combustive solvents, and is used cold by either immersion or spray application. In some instances, light duty alkaline cleaners may be desirable. A complete line of cleaners is available for spray and immersion applications. Our representative should be consulted.

Pressure spray application of kerosene emulsion type cleaners or the equivalent, and grit blasting have been used successfully prior to the treatment. Any procedure for cleaning and treating articles in the processing solution should first be approved by the treatment of experimental lots before production lots are processed.

#### Water Rinsing:

A cold water spray rinse followed by a hot water 103ísico suggested following grit blasting or kerosene emulsion type cleaners like PARCO CLEANER 110. A hot water rinse, preferably sprayed, is recommended after most other cleaning methods, such as a solvent wipe or mild alkaline cleaner like PARCO CLEANER 302. Rinses should be overflowed continuously at a rate which will keep them clean and free from scum and contamination.

### **11. Treating with the BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) Processing Solution:**

#### Buildup:

Fill the tank about  $\frac{3}{4}$  full with water. Heat to 120° to 160° Fahrenheit, (do not exceed 160°) then add 120 pounds (11 gallons [U.S.]) of BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) chemical for each 100 gallons of working 103ísico103. Add sufficient water to bring the solution up to the working level, then mix thoroughly by stirring.

Coatings produced from a freshly prepared bath do not retard wear as well as coatings obtained from an "aged" bath. Consult your HT representative for the recommended aging Procedure for each specific application. To age the bath, keep the 103ísico103tura at 120° to 160° Fahrenheit and sprinkle 2 pounds of BONDERITE M-AD 1 (known as Additive 1) per 100 gallons of solution 103ísico103 over its 103ísico103 or add BONDERITE M-AD 10 (known as Additive 10) (0.5-1 gal per 100 gal bath), or hang 103ísic wool or scrap iron in the solution for about an

hour. Remove the scrap pieces, replace the water lost by evaporation and mix the solution thoroughly. Test for total acid, and then add enough BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) chemical to raise the total acid to the required value. BONDERITE M-AD 10 (known as Additive 10) may be used only to artificially age a fresh bath for applications other than retarding, wear by adding 0.5 to 1.0 gallons per 100 gallons. Continuous use of BONDERITE M-AD 10 (known as Additive 10) is not recommended to increase or maintain the level of iron. After thoroughly mixing the bath again and heating to the operating temperature, the solution is ready for use.

Operation:

Time: 15 minutes.

Temperature: 205° to 210° Fahrenheit.

The properly cleaned articles are immersed in the solution. Complete reaction time is indicated by the cessation of gassing, and should this not occur within 15 minutes, excessive etching of the metal is likely to take place. Continued gassing and excessive etching are usually caused by too high free acid, and may be corrected by adding Neutralizer 200.

The coating weight obtained with this treatment depends on the method of cleaning, the type of metal or alloy and the hardness and finish. In applications where the coating buildup is excessive, part of the coating can be removed by buffing, brushing, wiping or burnishing.

NOTE: The parts should not be machined to allow for the buildup of the coating. This friable coating is essentially removed in the very early stages of operation and the parts will return to their original dimensions.

**8. Testing and Control:**

Never pipet by mouth, use a pipet filler.

Total Acid:

Pipet a 2 ml into a 150-ml beaker. Add 5 drops of Indicator 3. Titrate with Titrating Solution 11 to the development of a permanent pink color. The ml of Titrating Solution 11 used is the total acid value in points.

Total acid range: 11.5 to 12.5 points (ml).

To increase value 0.1 point: 1.0 pound (0.7 pint) of BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) chemical per 100 gallons of solution.

Normally the total acid is maintained at 12 points, however, in some instances solutions with a total acid as low as 8 points give satisfactory results. Frequent small additions of BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) chemical give more uniform results than occasional additions of large amounts, and

it is desirable to control the solution within  $\pm 0.5$  point of the value found to give best results.

Free Acid:

Pipet a 2 ml 105ísico into a 150-ml beaker. Add 2 drops of Indicator 8, then titrate with Titrating Solution 11 until the purple changes to 105ísic. The ml. Of Titrating Solution 11 used is the free acid value in points.

Free acid range: 2.0 to 2.2 points (ml) for total acid value of 12 points.

To decrease value 0.1 point: 4 ounces of Neutralizer 200 per 100 gallons of solution 105ísico105. (Slurry the Neutralizer 200 in water before making the addition. Stir thoroughly.)

The presence of too much free acid in the solution may be caused by heating the solution without processing work, or by processing only a small amount of work in a large 105ísico105 of solution. A solution containing too much free acid etches the work 105ísico105 excessively; fails to produce a complete coating within the normal 15 minute processing time as indicated by continued gassing; produces a smudgy and nonadherent coating, a part of which can be wiped off; produces a maroon, instead of dark gray coating; or gives an unusually rough coating.

Iron:

Dip a strip of Indicator Paper 17 into the solution. The paper should turn pink indicating the presence of iron. If no iron is present, the paper will not turn pink. In this case, add a solution of potassium permanganate (about 0.5 pound of potassium permanganate per gallon of water) in small quantities to the bath at 150° to 160° Fahrenheit until the bath turns a light pink. Avoid a large excess, then add iron to the bath as directed for buildup.

Determine the iron content: Pipet a 10 ml 105ísico into a 150-ml beaker and add 10 to 20 drops of Reagent Solution 44. With a 5-ml measuring pipet, titrate with Titrating Solution 18 to a persistent (10 seconds), faint pink. Each ml of Titrating Solution used indicates the presence of 0.1% iron.

Iron range: 0.2 to 0.3% (2 to 3 ml titration)

The iron content of a 12 point BONDERITE M-MN LUBRITE 2 (known as PARCO LUBRITE 2) solution should be maintained at 0.2 to 0.3%, but production experience has shown that satisfactory coatings are obtained on certain steels outside this range. The iron should be controlled within the limits required to produce a satisfactory coating on the particular type of 105ísic or alloy processed. A high iron content can be reduced by precipitation and removal of part of the iron with hydrogen peroxide and neutralization of the free acid resulting there from with Neutralizer 200. The amount of iron removed at one time should not exceed 0.05%. For each 100 gallons of processing solution, mix 2.0 pounds of Neutralizer 200 with sufficient water to form a slurry. Add ½ pound (1/2 pint) of 35% hydrogen peroxide to the slurry and

distribute the mixture over the 106ísico106 of the solution. Stir the solution vigorously. Allow the precipitate to settle to the bottom of the tank (shortest time required is when 106ísico106tura is between 200° and 205° Fahrenh