



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL PROCESO
“REVESTIMIENTO” DE TUBERÍAS HELICOIDALES DE
UNA EMPRESA MANUFACTURERA, UBICADA EN EL
ESTADO ANZOÁTEGUI**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
presentado ante la
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR:	HERNÁN A. DEL POZO FEDERICO ISAAC R. ESTEE BRACHO
PROFESOR GUÍA:	ING. EMMANUEL LÓPEZ C.
FECHA:	OCTUBRE DE 2013.



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL PROCESO “REVESTIMIENTO” DE TUBERÍAS HELICOIDALES DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA, UBICADA EN EL ESTADO ANZOÁTEGUI

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado de: _____

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR:

HERNÁN A. DEL POZO FEDERICO
ISAAC R. ESTEE BRACHO

PROFESOR GUÍA:

ING. EMMANUEL LÓPEZ C.

FECHA

OCTUBRE DE 2013.

DEDICATORIA

A nuestros padres, hermanos, familiares, amigos y profesores, quienes nos han apoyado y orientado durante esta trayectoria.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Emmanuel López por haber aceptado el compromiso de ser nuestro tutor y ayudarnos con su gran experiencia y conocimientos a concretar las ideas más importantes y desechar el resto.

A Hernán Del Pozo y Maky Federico por tomarse la molestia en apoyarnos para los traslados a la planta donde se realizó el estudio y el apoyo brindado en todo momento sin mostrar queja alguna.

A Alejandra Bracho e Iván Estee por servirnos de apoyo incondicional en momentos complicados y por siempre confiar en nosotros y nuestra capacidad.

A Igmaris Pimentel y Luis Furtado por toda la colaboración ofrecida durante el desarrollo del estudio.

A Rafael Graterol y Gloria Montaña, que con su apoyo logramos conseguir en buen tiempo un proyecto de tesis aceptable y competitiva.

Y por último y no menos importante, a nuestro gran amigo Ángel Graterol “Timmy”, que no solo nos ofreció apoyo durante el estudio y a lo largo de la carrera, sino que también nos dejó bien claro el valor de la amistad y la solidaridad. Gracias buen amigo.

PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL PROCESO “REVESTIMIENTO” DE TUBERÍAS HELICOIDALES DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA, UBICADA EN EL ESTADO ANZOÁTEGUI

Autor: Hernán A. Del Pozo Federico

Autor: Isaac R. Estee Bracho

Tutor: Emmanuel López C.

Fecha: Octubre, 2013

SINOPSIS

La presente investigación se realizó en el área de revestimiento de la Planta General José Antonio Anzoátegui, perteneciente a PDVSA Industrial, la cual se dedica a la fabricación, revestimiento, comercialización y distribución de tuberías con costura helicoidal de grandes diámetros. El estudio se encuentra enmarcado como una investigación aplicada del tipo proyectiva, cuyo objetivo principal fue proponer mejoras para las operaciones del proceso “Revestimiento”, debido a la baja productividad que posee la planta, la cual no cubre con la demanda actual que requiere PDVSA Industrial.

En primer lugar se caracterizaron las operaciones realizadas en el proceso “Revestimiento” mediante observación directa y entrevistas no estructuradas, se caracterizaron los desperdicios de dichas operaciones usando los mismos métodos anteriormente mencionados; se determinaron las posibles causas por las cuales la planta posee baja productividad a través de un análisis Causa-Efecto de las “5’M”, para finalmente diseñar una alternativa de mejora conformada por cuatro proyectos: desperdicio asociado al transporte de tuberías, presencia de humedad en el medio ambiente, planificación en la recepción de tuberías y al turno de mantenimiento. Por último se analizó técnicamente la factibilidad de las mejoras propuestas.

Palabras claves: Revestimiento, desperdicio, proceso, productividad, caracterización, mejoras.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	3
1. Reseña histórica	3
2. Visión	4
3. Misión	4
4. Estructura organizativa	4
5. Identificación del área de trabajo.....	5
6. Descripción del proceso productivo	7
7. Operaciones	8
8. Insumos	8
8.1. FBE (Fusion Bonded Epoxy)	8
8.2. Adhesivo y Polietileno	9
8.3. Tuberías de grandes diámetros con costura helicoidal	9
CAPÍTULO II.....	10
EL PROBLEMA.....	10
1. Planteamiento del problema.....	10
2. Justificación de la investigación	11
3. Objetivos del estudio	12

3.1. Objetivo General	12
3.2. Objetivos específicos	12
4. Alcance	12
5. Limitaciones	13
CAPITULO III	14
MARCO METODÓLOGICO	14
1. Tipo de investigación.....	14
2. Diseño de la investigación	15
3. Unidad de análisis.....	15
4. Metodología.....	16
5. Población y Muestra	16
6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	17
6.1. Observación directa	17
6.2. Revisión Documental	18
6.3. Entrevistas no estructuradas	18
7. Técnicas para el análisis de los datos.....	18
7.1. Técnica Cuantitativa.....	18
7.2. Técnica Cualitativa	19
8. Herramientas para el análisis del proceso	19
8.1. Diagrama Causa-Efecto	19
8.2. Diagrama de Flujo de Procesos.....	19
8.3. Mapa de Procesos	20
9. Operacionalización de los objetivos	21
CAPITULO IV.....	22
MARCO TEÓRICO	22

1. Antecedentes de la investigación	22
2. Términos básicos.....	23
3. Bases Teóricas.....	26
3.1. Definición de Propuesta.....	26
3.2. Proceso	26
3.3. Productividad.....	26
3.4. Eficiencia.....	26
3.5. Eficacia.....	27
3.6. Cuello de Botella	27
3.7. Demanda	27
3.8. Manufactura Esbelta.....	27
3.9. Las 5S's.....	30
CAPÍTULO V.....	32
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	32
1. Objetivo específico N°1: Caracterizar las operaciones realizadas en el proceso “Revestimiento” de tubos de grandes diámetros.	32
1.1. Preparación de la superficie	32
1.2. Lavado	35
1.3. Calentamiento	37
1.4. Aplicación de la pintura de revestimiento	40
1.5. Enfriamiento.....	44
2. Objetivo específico N°2: Caracterizar los desperdicios de las operaciones que se realizan durante el proceso “Revestimiento” de tuberías de grandes diámetros.....	47
2.1. Desperdicio por movimientos innecesarios	47

2.2.	Desperdicio por sobreproducción	49
2.3.	Desperdicio causados por espera.....	49
2.4.	Desperdicio por transporte de tuberías	52
2.5.	Desperdicios causados por Defectos	53
2.6.	Desperdicio causado por el proceso mismo	53
2.7.	Desperdicios por inventario en proceso	55
3.	Objetivo específico N°3: Determinar las posibles causas por las cuales la fábrica no puede incrementar su nivel de productividad.	56
CAPITULO VI.....		61
LA PROPUESTA		61
1.	Objetivo N°4: Diseñar alternativas de mejoras para el proceso “Revestimiento” de tubos de grandes diámetros.....	61
1.1.	Título de la Propuesta	61
1.2.	Objetivo de la Propuesta	61
1.3.	Justificación de la Propuesta	61
2.	Objetivo N° 5: Analizar técnica y económicamente la factibilidad de las mejoras propuestas	66
3.	Propuesta adicional	70
4.	Relación Costo-Beneficio de la Propuesta;Error! Marcador no definido.	
CAPITULO VII.....		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		72
Conclusiones		72
Recomendaciones		73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		74
REFERENCIAS ELECTRONICAS		75

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ubicación geográfica.</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 Estructura Organizativa.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3: Diagrama del proceso de revestimiento, Nivel II</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4: Metodología de la investigación</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5: Granalla esférica de acero tratado.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6: Granalla angular de acero fundido tratado.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7: Etapa de preparación de la superficie, granallado externo.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8: Mapa de proceso de preparación de superficie de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9: Lavado con ácido fosfórico.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 10: Lavado con agua desmineralizada.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11: Mapa de proceso de limpieza de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12: Salida del tubo del horno de calentamiento.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 13: Mapa de proceso del calentamiento de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14: Aplicación de resina epóxica.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 15: Inyectores rociadores de la resina en polvo.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16: Mapa de proceso de aplicación de resina de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 17: Lavado del tubo en la batea de enfriamiento.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18: Batea de enfriamiento.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 19: Flujograma del proceso “Revestimiento”.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 20: Diagrama Causa-Efecto.</i>	<i>57</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Operaciones del proceso “Revestimiento”</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2: Operacionalización de los objetivos</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3: Referencias utilizadas en el estudio</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 4: Descripción de recursos de operación.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5: Descripción de recursos de operación.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 6: Descripción de recursos de operación.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 7: Descripción de los movimientos realizados por el Jefe de Revestimiento</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 8: : Descripción de las funciones de los operarios y sus puestos de trabajo.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 9: Tiempo ocioso de cada operador por tubería en procesamiento y procesada.</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 10: Descripción del desperdicio asociado al transporte</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 11: Descripción del desperdicio asociado a la espera.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 12: Parámetros climáticos promedios de Barcelona Edo. Anzoátegui</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 13: Eliminación de desperdicios asociados al transporte.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 14: Unidades de tuberías en los cuales la PGJAA no puede revestir por la lluvia.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 15: Eliminación del desperdicio por reproceso.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 16: Cambio del turno de mantenimiento a los sábados.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 17: Comparación de la situación actual vs las propuestas en relación a la demanda no satisfecha</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 18: Análisis Costo-Beneficio de las propuestas.</i>	<i>71</i>

INTRODUCCIÓN

La Planta General José Antonio Anzoátegui (PGJAA), es una empresa que hoy en día dedica sus labores a la fabricación, revestimiento, comercialización y distribución de tuberías de acero con costura helicoidales, las cuales serán empleadas posteriormente para la construcción de oleoductos y gasoductos, además cuenta con las licencias necesarias (ISO-9001 y API 5L respectivamente) que lo acreditan de contar con un sistema de gestión de la calidad apropiado para cumplir con la demanda de su único cliente PDVSA Industrial.

En la actualidad, PDVSA Industrial cuenta con una cadena de suministro muy limitada, que le puedan proveer los insumos necesarios para cubrir la alta cantidad de proyectos establecidos a nivel nacional, siendo PGJAA el único eslabón que cuenta con certificaciones que lo califican como proveedor confiable para la elaboración de tuberías helicoidales, en este sentido, PGJAA se ve obligada a planificar sus recursos para poder cumplir con los requerimientos de su principal cliente evitando incurrir en retrasos o costos innecesarios.

Sin embargo, a pesar de contar con estrategias de planificación y líneas de producción de tuberías helicoidales adecuadas se ha detectado (con información suministrada por el personal especializado de la planta) ciertas fallas a lo largo de las operaciones llevadas a cabo en la línea de revestimiento de las tuberías, donde se aprecia una serie de desperdicios que disminuye la productividad del proceso y por consiguiente se hace muy complicado abastecer la alta demanda que tienen actualmente.

Por este motivo, las deficiencias detectadas han generado la necesidad de estudiar más a fondo las medidas que podrían ser aplicadas para solventar dicha situación, mediante el desarrollo de propuestas de mejoras en las operaciones del Departamento “Revestimiento” de la fábrica (objetivo del presente estudio) que permitan mejorar la productividad de la línea, manteniendo la calidad del servicio ofrecido.

El presente documento refleja los resultados obtenidos del estudio realizado, está dividido en siete capítulos más una sección de referencias bibliográficas, los mismos están descritos de la siguiente manera:

Capítulo I “**PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA**”: este capítulo contiene una breve reseña histórica y descripción de la fábrica, su estructura organizativa, la identificación del área de trabajo y una descripción general del proceso productivo.

Capítulo II “**EL PROBLEMA**”: en este capítulo se presenta el planteamiento del problema actual, las interrogantes del estudio, su justificación, los objetivos de la investigación junto con el alcance y la justificación de la misma.

Capítulo III “**MARCO METODOLÓGICO**”: comprende el tipo y el diseño de la investigación, la metodología aplicada, las técnicas para la recolección y análisis de datos, las herramientas para el análisis del proceso; y por último la operacionalización de los objetivos establecidos.

Capítulo IV “**MARCO TEÓRICO**”: comprende los antecedentes históricos de la investigación y las bases teóricas que la sustentan.

Capítulo V “**PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**”: se presentan, analizan e interpretan los datos y la información resultante de la aplicación de las distintas técnicas, herramientas y metodologías utilizadas.

Capítulo VI “**LA PROPUESTA**”: se describen las oportunidades de mejoras identificadas junto con sus objetivos y evaluaciones desde un punto de vista técnico y económico.

Capítulo VII “**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**”: se exponen las conclusiones del estudio realizado y un conjunto de recomendaciones para la implementación de las propuestas presentadas en el capítulo anterior.

Finalmente se presentan las referencias bibliográficas utilizadas para realizar la investigación y los anexos que respaldan los resultados.

CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

1. Reseña histórica

En el año de 1975 es constituida Soldaduras y Tuberías de Oriente, C.A (SOLTUCA), fábrica dedicada a la fabricación de tuberías de acero con costura helicoidal, utilizadas principalmente en la industria petrolera para la construcción de gasoductos y oleoductos. Igualmente la empresa destina una parte minoritaria de su producción a tuberías utilizadas en la construcción de acueductos, así como para uso estructural.

En fecha 23 de Abril de 2009, se suscribe Carta de Intención, mediante la cual se definieron las “bases para las negociaciones encaminadas a lograr la compra de las acciones que conforman el capital social de la compañía SOLTUCA, así como de sus activos por parte de PDVSA INDUSTRIAL.

El 21 de Octubre de 2009, PDVSA INDUSTRIAL adquirió un contrato de compra-venta y obtuvo el 100% del capital accionario de la empresa SOLTUCA, actualmente se encuentra bajo la figura de Sociedad Anónima con un 100% de las acciones de PDVSA INDUSTRIAL.

Desde el 2009 como parte de PDVSA INDUSTRIAL inicia sus operaciones la Planta General José Antonio Anzoátegui, la cual fabrica tuberías de acero con costura helicoidal, prestando adicionalmente el servicio de revestimiento tanto interno como externo de tuberías. Posee licencia para fabricar tuberías para petróleo y gas bajo la norma API 5L y un Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo ISO 9001 desde el año 2000.

2. Visión

- Consolidar Equipo y Maximizar Beneficios
- Satisfacer a los Clientes (Entrega, Flexibilidad y soporte).
- Excelencia Operativa de 1er mundo (Eficiencia, Desperdicio, Costo).
- Profesionalización del Equipo Humano

PGJAA se dedica a la fabricación de tubería de acero con costura helicoidal desde 16 hasta 66 pulgadas de diámetro, en espesores y grados variados de acero y revestimiento con fibra epóxica en polvo (FBE) y Tricapa (FBE-Adhesivo y Polietileno), para aplicaciones de transporte de hidrocarburos para PDVSA (norma API 5L) atendiendo las necesidades de proyectos de gran envergadura para la industria petrolera como para las de gas.

3. Misión

Suplir el mercado venezolano con tubería de gran diámetro con productos de primera calidad mediante la generación de un equipo humano de 1er mundo: profesional, claro, integro, basado en resultados y políticas Ganar-Ganar para todas las partes involucradas: equipo PGJAA, clientes, accionistas, proveedores y comunidades.

4. Estructura organizativa

La planta “General José Antonio Anzoátegui”, tiene su sede en la Zona Industrial “Los Montones” de Barcelona, estado Anzoátegui, la misma está dedicada a la fabricación, revestimiento, comercialización y distribución de tuberías. Dicha planta forma parte de la cadena de suministro que posee PDVSA, ya que la misma se encarga de abastecer de tuberías helicoidales para el transporte de gas y petróleo.



*Figura 1 Ubicación geográfica.
Fuente: PGJAA (2012)*

La fábrica está dividida en dos plantas, las cuales son denominadas, Planta 1 y Planta 4; ambas tienen como función principal fabricar y revestir tubos de diferentes diámetros para abastecer la demanda que exigen PDVSA Petróleo y PDVSA Gas para sus proyectos.

La Planta 1 cuenta con cuatro líneas de fabricación con 5 máquinas formadoras, una sola línea de revestimiento con FBE y Tricapa; la Planta 4 únicamente posee dos líneas de fabricación con 4 máquinas formadoras.

Actualmente las líneas están dedicadas a atender las necesidades de los proyectos de gran impacto dentro del Plan “Siembra Petrolera” como son MADCO I (FAJA), Reemplazo del Gasoducto EPA N30 (Sector Eléctrico), Diluenducto PTJ-Veladero (FAJA), COSTA AFUERA entre otros.

5. Identificación del área de trabajo

El estudio se realizó en la fábrica PGJAA, específicamente en el área “Revestimiento”, cuya estructura organizativa está conformada por un supervisor de revestimiento FBE, un supervisor de mantenimiento y un supervisor de revestimiento. Adicionalmente, el departamento posee tres electricistas, un mecánico, un montacarguista, un eslingador, siete reparadores y doce operadores

de pintura y de limpieza tanto externa como interna, y por ultimo dos operadores de inspección visual de revestimiento.

El área de “Revestimiento” también cuenta con un líder de revestimiento FBE acompañado de su respectivo equipo, el cual está conformado por un líder de pintura, un líder de limpieza y sus respectivos operadores.

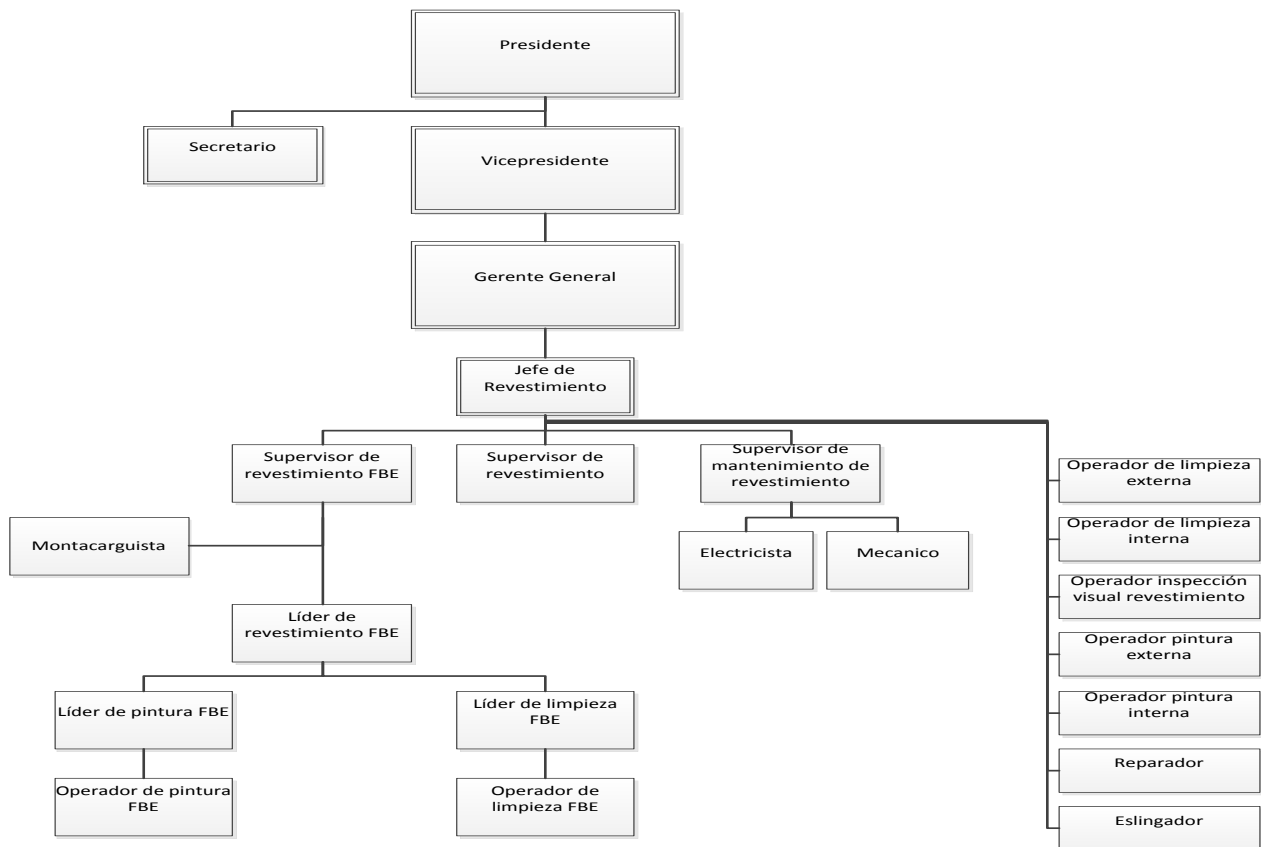


Figura 2 Estructura Organizativa

Fuente: PGJAA (2011).

6. Descripción del proceso productivo

En la Figura N° 3, a continuación, se puede visualizar el proceso de revestimiento:

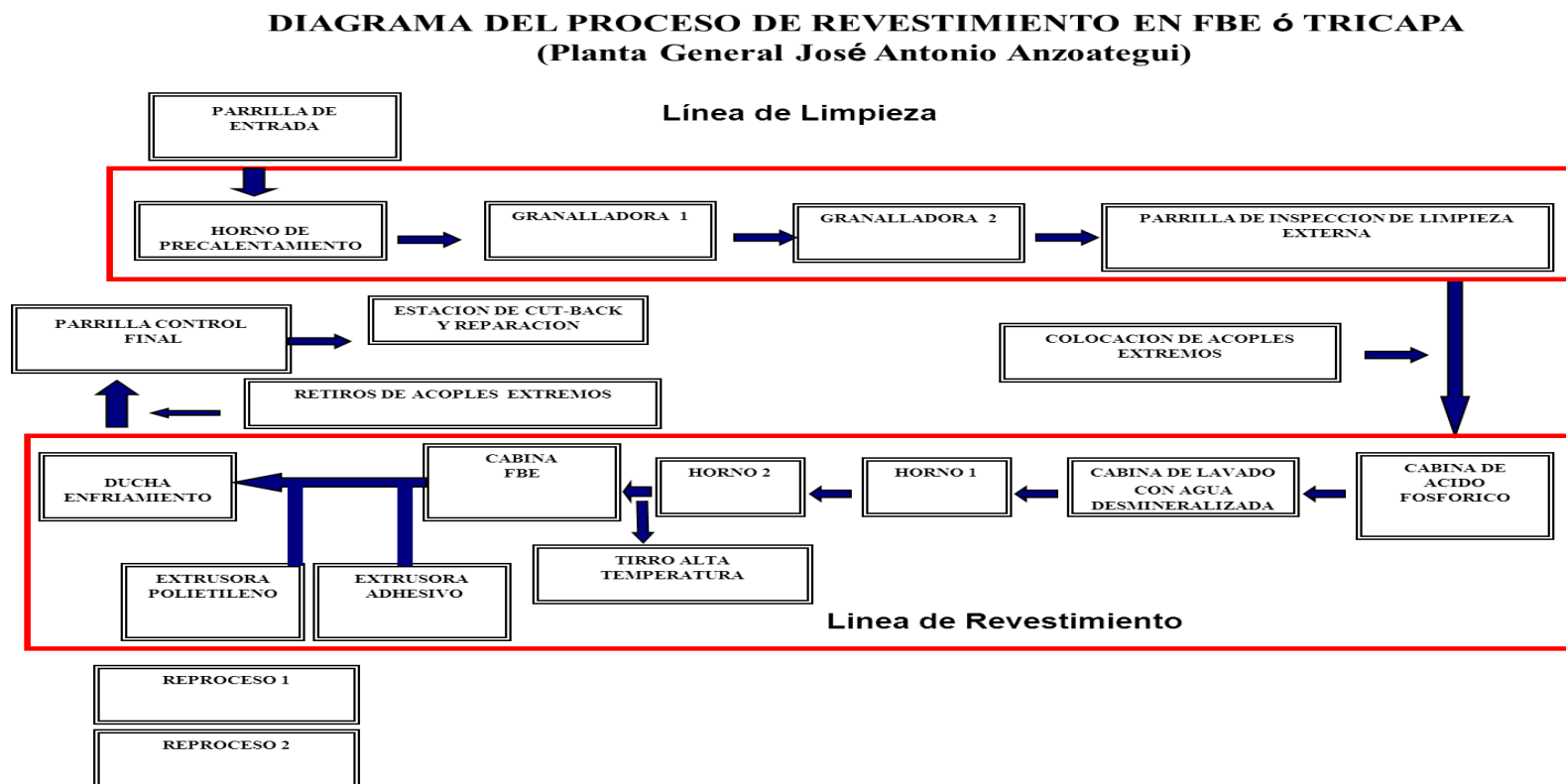


Figura 3: Diagrama del proceso de revestimiento, Nivel II
Fuente: Manual de Procesos PGJAA (2007).

7. Operaciones

El proceso “Revestimiento” está conformado por dos líneas, línea de limpieza y línea de revestimiento, ambas líneas, a su vez, realizan distintas operaciones, las cuales son:

Operaciones del proceso “Revestimiento” de tuberías helicoidales	
Línea de Limpieza	1.- Preparación de la superficie
Línea de Revestimiento	2.- Lavado
	3.- Calentamiento
	4.- Aplicación de la pintura de revestimiento
	5.- Enfriamiento e inspección

Tabla 1: Operaciones del proceso “Revestimiento”
Fuente: Elaboración propia

8. Insumos

8.1. FBE (Fusion Bonded Epoxy)

Para el revestimiento de las tuberías se utiliza un compuesto denominado FBE (fibra epóxica en polvo), el cual es un polímero termoestable que cura al calor; el mismo está diseñado para proporcionar protección máxima contra la corrosión en las tuberías.

Su uso está destinado al revestimiento anticorrosivo de tuberías de acero en redes de distribución de industrias petroleras, gasíferas, entre otras. Entre las propiedades más resaltantes de este compuesto se pueden destacar las siguientes:

- Impermeable al oxígeno y a la humedad.
- Alta resistencia a los esfuerzos del terreno.
- Bajos costos de protección catódica.
- Duradero y confiable.

8.2. Adhesivo y Polietileno

Para el revestimiento con Tricapa se recubre con una capa de adhesivo y otra de polietileno de alta densidad las tuberías, las cuales ya están revestidas con pintura FBE ya aplicada previamente. La capa de adhesivo y de polietileno se genera mediante extrusoras las cuales están ubicadas perpendicularmente a la línea de revestimiento, dichos compuestos tienen la finalidad de garantizar mayor protección a la tubería desde el punto de vista mecánico. Se aplican en caso de que el proyecto haya sido requerido por el cliente.

8.3. Tuberías de grandes diámetros con costura helicoidal

Las mismas son elaboradas por la PGJAA, cuenta con varias líneas de producción de tuberías de distintos diámetros y costura helicoidal, una de ellas está ubicada en la misma planta donde se lleva a cabo el revestimiento de dichas tuberías.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

1. Planteamiento del problema

Actualmente, PDVSA Industrial, tiene altos requerimientos de tubos con costuras helicoidales para cumplir con sus operaciones a nivel nacional, estas operaciones son destinadas a la fabricación de medios para transportar tanto petróleo como gas.

Estos requerimientos han llevado a PGJAA, la cual forma parte de la cadena de suministro de PDVSA Industrial, a la necesidad de elevar la capacidad de revestir los tubos con la finalidad de poder satisfacer la demanda que actualmente se ha generado y es aquí en donde se encuentra el problema básicamente concentrado en el proceso “Revestimiento” de los tubos, ya que opera a niveles cercanos a su capacidad instalada, la cual se considera que es menor comparada con la que se necesita para cubrir la demanda anual. Hoy en día, las plantas trabajan a una capacidad efectiva neta de 520.000 (m²/año) revestimiento con Tricapa y 1.560.000 (m²/año) revestimiento con FBE. Por datos suministrados por la fábrica, se puede observar que la capacidad a la que operan actualmente no cubre la demanda, la cual es de 700 km.

Las capacidades instaladas de las líneas de producción son las siguientes:

- Para el revestimiento con Tricapa: 624.000 m²/año.
- Para el revestimiento con FBE: 1.872.000 m²/año.

Mientras que las capacidades efectivas netas disponibles de las mismas líneas en cuestión son:

- Para el revestimiento con Tricapa: 520.000 m²/año.
- Para el revestimiento con FBE 1.560.000 m²/año.

Por lo mencionado anteriormente, se hace necesario analizar y caracterizar los procesos realizados en la planta 1, específicamente en el área de revestimiento, que es donde se pueden encontrar las oportunidades de mejora, con el objetivo de diseñar propuestas que fortalezcan dichas oportunidades que permitan a la fábrica aumentar su capacidad de producción y abastecer los requerimientos de su cliente.

Por lo antes señalado, surgen las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son las operaciones claves dentro del proceso de revestimiento?
- ¿Cuáles son los desperdicios que se generan en el proceso de revestimiento?
- ¿Cuál es la situación actual de la planta, referente al proceso productivo?
- ¿Qué mejoras incrementarán la eficacia y eficiencia del proceso de revestimiento?

2. Justificación de la investigación

La fábrica (PGJAA) como principal organización surtidora de tuberías con FBE y Tricapa destinados a la construcción de medios de transporte de petróleo y gas, actualmente debe cumplir con los requerimientos de PDVSA Industrial para cubrir con sus proyectos a nivel nacional.

El presente estudio se origina por solicitud de la fábrica PGJAA, que requiere del apoyo de personal capacitado para el desarrollo de propuestas de mejora en sus procesos y que contribuyan al logro de sus objetivos con el país.

3. Objetivos del estudio

3.1. Objetivo General

Proponer mejoras para las operaciones del proceso “Revestimiento” de tuberías de grandes diámetros, de una empresa manufacturera ubicada en Barcelona, Estado Anzoátegui.

3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar las operaciones realizadas en el proceso “Revestimiento” de tubos de grandes diámetros.
2. Caracterizar los desperdicios de las operaciones que se realizan durante el proceso “Revestimiento” de tuberías helicoidales.
3. Determinar las posibles causas por las cuales la fábrica no puede incrementar su nivel de productividad.
4. Diseñar alternativas de mejoras para el proceso “Revestimiento” de tubos de grandes diámetros.
5. Analizar técnicamente la factibilidad de las mejoras propuestas.

4. Alcance

El estudio se efectuó en la fábrica PGJAA, ubicada en la ciudad de Barcelona, estado Anzoátegui, específicamente en el departamento de revestimiento de tubos FBE y Tricapa.

La investigación estuvo orientada al diseño de mejoras para el proceso “Revestimiento” para que de este modo la empresa pueda cumplir con la demanda de su principal cliente; para ello se analizaron las fortalezas y debilidades del proceso, se identificaron las causas que impactan negativamente y condicionan a que el nivel de productividad no sea el apropiado y se realizaron evaluaciones con herramientas de estudio adquiridas, desde un punto de vista tanto técnico como económico de las oportunidades de mejoras que se identificaron, con el fin de

concretar mejoras viables para garantizar el aumento en la producción y productividad de tubos revestidos.

El estudio no contempló la implementación de las mejoras diseñadas, ya que éstas fueron propuestas a la Alta Dirección de la empresa para su evaluación y aprobación.

5. Limitaciones

- Disponibilidad limitada, restringida y falta de data histórica de información requerida para el correcto estudio de la situación actual de los desperdicios en el proceso.
- La confiabilidad de la información suministrada por la fábrica, regida por sus políticas.
- Disponibilidad limitada y restringida por motivos de confiabilidad de la información relacionada a los valores de facturación por tuberías revestidas y data histórica relacionada al proceso TRICAPA, así como las especificaciones de los equipos empleados.

CAPITULO III

MARCO METODÓLOGICO

El presente capítulo explica y detalla la forma en la que se desarrolló el presente estudio, engloba el tipo de investigación que se efectuó, la orientación planteada y el diseño de la misma.

De igual manera, este capítulo contempla las técnicas y herramientas para la recolección, procesamiento y análisis de datos.

1. Tipo de investigación

De acuerdo a las características del estudio y objetivos, éste se encuentra enmarcado como una investigación aplicada del tipo investigación proyectiva, ya que se desarrollaron distintas propuestas destinadas a dar solución a situaciones que generan inconvenientes, específicamente en el Área de Revestimiento de la fábrica PGJAA C.A.

Para Hurtado de Barrera (2008) la investigación proyectiva es:

...“la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social o de una institución en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo”. (p.122)

Dentro de la investigación proyectiva entran los llamados “proyectos factibles” y Renie Dubs de Moya (2002) lo define como “un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener una institución o grupo social en un momento determinado.” (p.6)

2. Diseño de la investigación

Para Alvira (1996) el diseño de la investigación “se define como el plan global de investigación que (...) intenta dar de una manera clara y no ambigua respuestas a las preguntas planteadas en la misma” (p.87)

El diseño empleado fue de tipo no experimental debido a que no se manipularon las variables que intervinieron y su vez, es documental ya que parte de la información recolectada se basó en fuentes bibliográficas y documentales de la fábrica.

Adicionalmente se considera que la investigación se enmarca dentro del diseño transeccional descriptivo, el cual según Hernández, Fernández y Baptista (2006) “tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables” (p.294)

Se determina que el diseño es transeccional ya que se recolectaron los datos en un solo momento, en un tiempo único y es descriptiva debido a que se caracterizaron cada una de las variables y los procesos involucrados en la fabricación del producto.

Por último se realizó una investigación de campo ya que todos los datos fueron obtenidos en el lugar donde ocurrieron los hechos.

3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es aquella que se examina, es decir, en la que se busca información, su naturaleza depende de los objetivos del estudio. (Hernández, Fernández y Baptista; 2006; p. 296).

Para la evaluación del proceso productivo actual de revestimiento de tuberías, se definió como unidad de análisis al Departamento de revestimiento, el cual se encuentra ubicado en la fábrica de PGJAA.

4. Metodología

La presente investigación se estructuró en diferentes fases, cada una conformada por distintas actividades, que permitieron que la información recolectada se obtuviera en una secuencia lógica, para facilitar la comprensión y el cumplimiento de los objetivos.

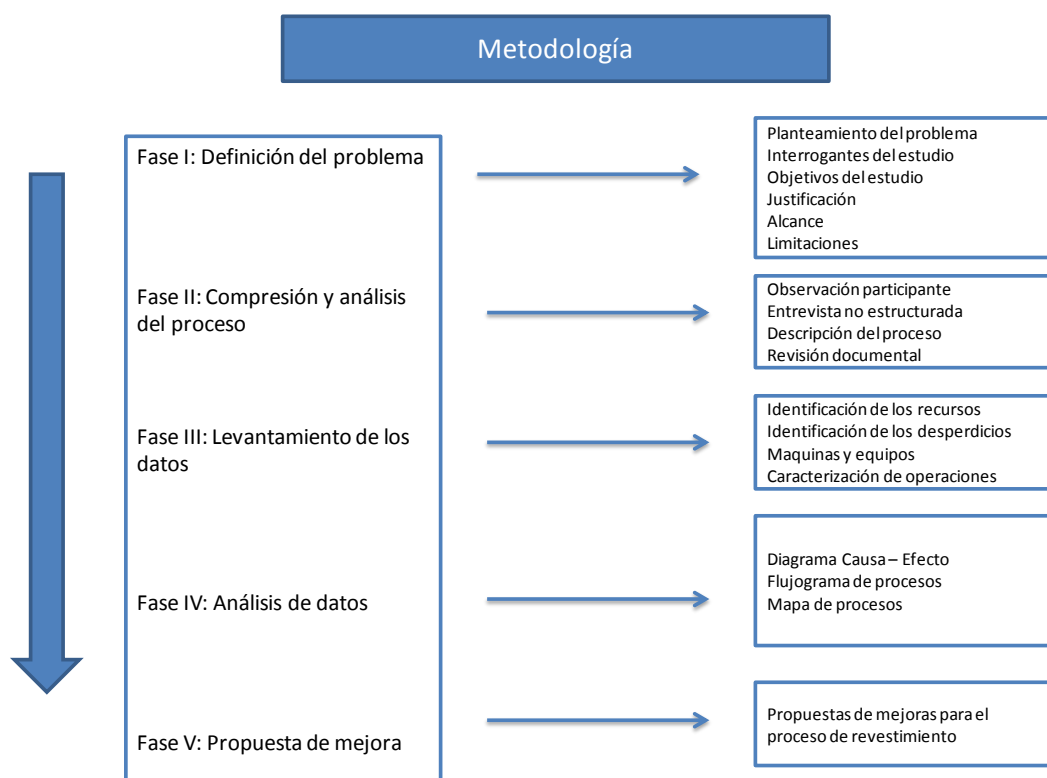


Figura 4: Metodología de la investigación
Fuente: Elaboración propia

5. Población y Muestra

Corresponde a las operaciones que conforman el proceso “Revestimiento” y al personal que se encuentra involucrado directa o indirectamente con las actividades efectuadas en el Área de Revestimiento, ya sea que formen parte de éste o de otras áreas de la fábrica.

6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

En el marco metodológico es importante señalar y determinar de manera clara y desde la perspectiva metodológica, las técnicas e instrumentos que serán empleados para recolectar los datos del estudio, considerando las particularidades y límites de las mismas, aplicando las más apropiadas con el fin de atender las interrogantes planteadas en la investigación.

Según Hurtado de Barrera (2012) “las técnicas tienen que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de datos, es decir, el cómo estas pueden ser de revisión documental, observación, encuesta, entrevistas, entre otras” (....). (p.161).

Por otra parte “los instrumentos representan las herramientas con las cuales se van a recoger, filtrar y codificar la información, es decir, el con qué” (....) (p.161).

En sentido, las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron las siguientes:

6.1. Observación directa

Según Fidias Arias (2006) “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación, que se produzca en la naturaleza o la sociedad en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p. 69).

Mediante la observación, en un sentido amplio, se examinaron las fuentes que contenían los datos objetos de estudio, y se obtuvieron conocimientos referidos al proceso de revestimiento de tuberías helicoidales y las operaciones que lo conforman.

6.2. Revisión Documental

Esta técnica apoya en gran medida las bases de la investigación debido a que gran parte de la información adquirida está contenida en textos o documentos de la fábrica. La finalidad de dicha técnica es facilitar la obtención de datos claves del proceso investigado tales como características de las operaciones realizadas en el proceso, tiempos implementados en las mismas y recursos utilizados, por medio de documentos, manuales de procesos y el manual del sistema de gestión de la calidad de la organización.

6.3. Entrevistas no estructuradas

Este tipo de entrevistas se realizan sin una guía o serie de preguntas elaboradas previamente. Son de carácter informal pero se orientan con unos objetivos preestablecidos. Esta herramienta permite obtener información útil para el análisis del problema.

Por medio de las entrevistas, se logró obtener valiosa información relacionada al proceso y al producto final obtenido. Las mismas se aplicaron debido a que la participación que se empleó durante la investigación no fue presencial en su totalidad.

7. Técnicas para el análisis de los datos

Para el análisis de datos del estudio se utilizaron tanto la técnica cualitativa como la técnica cuantitativa.

7.1. Técnica Cuantitativa

Según Hernández, Fernández y Baptista (2003) “es una técnica de recolección de datos que consiste en el registro sistemático, válido y confiable, de comportamientos o conductas que se manifiestan”. De acuerdo a lo descrito, se presentó información numérica de tiempos de operación y producción (p. 290).

7.2. Técnica Cualitativa

Es una técnica que proporciona información de tipo verbal, explicación sobre eventos, su naturaleza y condiciones. Los datos obtenidos a través de las entrevistas no estructuradas y la observación directa serán analizados mediante esta técnica.

8. Herramientas para el análisis del proceso

Mediante la utilización de algunas herramientas de Ingeniería Industrial, se pudo visualizar y analizar el proceso productivo, a continuación se explican los diversos diagramas y técnicas utilizadas para el desarrollo de la presente investigación.

8.1. Diagrama Causa-Efecto

Son diagramas que se usan para el análisis de la dispersión de los procesos. Summers en su libro “Administración de la Calidad” (2006) lo define como “Un diagrama que ilustra las principales causas y sub-causas que producen el efecto”. (p. 384)

Se usó principalmente para:

- Visualizar las causas principales y secundarias del problema.
- Ampliar la visión de las posibles causas del problema, fortaleciendo el desarrollo del análisis y la identificación de soluciones.
- Analizar procesos en búsqueda de mejoras.
- Fortalece el entendimiento del problema.

8.2. Diagrama de Flujo de Procesos

Es una poderosa herramienta de planificación y análisis que según menciona Richard Chang en su libro “Las herramientas para la mejora continua de la calidad” (1999, p.49) es comúnmente utilizada para:

- Definir y analizar procesos de manufactura, ensamblado o servicios.
- Construir una imagen del proceso etapa por etapa para su análisis, discusión o con propósitos de comunicación.
- Definir, estandarizar o encontrar áreas de un proceso susceptibles de ser mejoradas.

Este diagrama fue de gran utilidad para definir y analizar el proceso de revestimiento, las operaciones que lo conforman y las salidas y entradas que posee en cada una de ellas.

8.3. Mapa de Procesos

Summers, D (2006), define al mapa de procesos como “una representación gráfica de todos los pasos involucrados en un proceso completo o en un segmento específico de un proceso”. (p. 214).

9. Operacionalización de los objetivos

Para Sabino (1994), la caracterización de objetivos “consiste en hacer operativos, es decir, manejables, posibles de trabajar con ellos, a los conceptos y elementos que intervienen en el problema a investigar”. (p. 101).

Objetivos Específicos	Variables	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
Caracterizar las operaciones realizadas en el proceso “Revestimiento” de tubos helicoidales.	Características operativas Actividades por etapa de producción	Fábrica de tuberías helicoidales	Insumos Productos Recursos utilizados HH empleadas	Observación directa Entrevistas no estructuradas Revisión de documentos
Caracterizar los desperdicios de las operaciones que se realizan durante el proceso “Revestimiento” de tuberías helicoidales.	Características operativas Características de los desperdicios producidos	Fábrica de tuberías helicoidales	Desperdicios Recursos Movimientos Tiempos Transportes	Observación directa Entrevistas no estructuradas Revisión de documentos
Determinar las posibles causas por las cuales la fábrica no puede incrementar su nivel de productividad.	Factores que afectan el proceso productivo de tuberías helicoidales revestidas	Fábrica de tuberías helicoidales	Eficacia Eficiencia Productividad	Observación directa Entrevistas no estructuradas Lectura y análisis de bibliografías Diagrama Causa-Efecto
Diseñar alternativas de mejoras para el proceso “Revestimiento” de tubos helicoidales	Mejora de la productividad del proceso “Revestimiento” de tuberías helicoidales	Fábrica de tuberías helicoidales	Costos Cantidad Recursos utilizados	Lectura y análisis de bibliografías Consultas con personal capacitado
Efectuar evaluaciones desde un punto de vista técnico y económico de las mejoras diseñadas.	Factibilidad	Fábrica de tuberías helicoidales	Ahorros Inversión	Diagnóstico de las propuestas planteadas Análisis de Costos y Beneficios

Tabla 2: Operacionalización de los objetivos
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se exponen algunos principios y conceptos la investigación realizada.

1. Antecedentes de la investigación

Para realizar el presente estudio fue necesario tomar como referencia investigaciones pasadas, las cuales se muestran a continuación.

Referencias utilizadas en la Investigación			
Título	Autor y Tutor académico	Fecha	Aporte
DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA LOS PROCESOS Y OPERACIONES DEL DEPARTAMENTO DE ATENCIÓN AL CLIENTE, DE UNA EMPRESA DE CONSUMO MASIVO, UBICADA EN CARACAS	TEG Castreje, Manuel Machiste, Oriana López, Emmanuel	Febrero, 2013	Marco Referencial Bases Teóricas
DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAS PARAR LA REDUCCIÓN DE LOS DESPERDICIOS ASOCIADOS AL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CHOCOLATES DE CONSUMO MASIVO	TEG Carballo, Francisco De Lima, Alí López, Emmanuel	Septiembre, 2009	Marco Referencial Bases Teóricas
PROPUESTA DE MEJORAS PARA LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA ININTERRUMPIDA	TEG Gómez, Víctor Hereida, Simón López, Emmanuel	Marzo, 2011	Bases Teóricas Estructuración del TEG
EVALUACIÓN DE LA PUESTA EN MARCHA DEL PROCESO DE REVESTIMIENTO EXTERNO EN TUBERÍAS CON COSTURA HELICOIDAL DE DISTINTOS DIÁMETROS	TEG Iliana del Valle Borges Ing. Quim Hernán R. Raven	Mayo, 2007	Bases Teóricas

Tabla 3: Referencias utilizadas en el estudio
Fuente: Elaboración propia

Las investigaciones pasadas (que se pueden observar en la tabla anterior) aportaron a esta investigación, bases teóricas, un marco referencial y la estructuración del informe del trabajo especial de grado.

2. Términos básicos

2.1. Revestimiento epóxico

Es un recubrimiento o capa protectora que se aplica sobre una superficie con el fin de evitar agentes contaminantes sobre la misma, este recubrimiento en específico está compuesto por un grupo químico específico que se conoce como epoxi, los cuales curan por reacción química cuando un endurecedor se agrega a la resina.

La empresa “Hempel’s Marine Paints” (www.hempels.es) define los siguientes conceptos:

2.2. Resina epóxica

Es la resina más idónea que se pueda utilizar en cualquier sistema de pintura de alto rendimiento, ya que posee la gran capacidad de transformarse, a partir de un estado líquido, y de forma fácil, en un recubrimiento sólido, resistente y duro. Las resinas epóxica no solo son muy versátiles sino que también se utilizan para múltiples aplicaciones: como recubrimientos protectores, recubrimientos para ambientes marinos, revestimientos para suelos y adhesivos. Adicionalmente son utilizadas también como compuestos de moldeo, como materiales aislantes, plásticos reforzados y productos textiles.

Los tipos de pinturas epóxicas que existen actualmente son los siguientes:

- a. Epóxica Pura:
- b. Epóxica Modificado
- c. Epóxica Fenólica
- d. Epóxica con fibra de vidrio

2.3. Granalla

Son perdigones que se utilizan para el martilleo. De acuerdo a su forma se clasifican en “Shot” granalla esférica o “G” granalla angular.

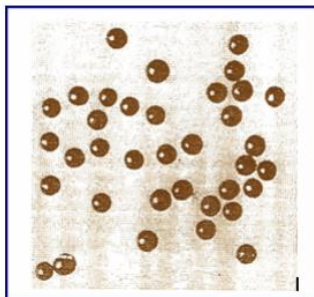


Figura 5: Granalla esférica de acero tratado.

Fuente: TEG Iliana del Valle Borges

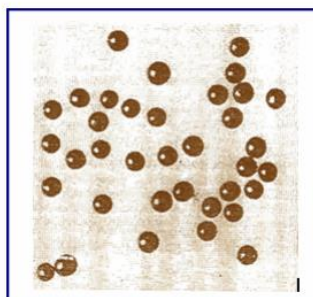


Figura 6: Granalla angular de acero fundido tratado.

Fuente: TEG Iliana del Valle Borges

2.4. Granallado

Es una técnica de tratamiento de limpieza superficial por impacto, el cual consiste en la proyección de partículas abrasivas “granalla” a gran velocidad (65 – 110 m/s) que, al impactar con la pieza tratada, produce la eliminación de los contaminantes de la superficie.

En el proceso de revestimiento se aplica tanto granalla esférica como angular, las cuales tienen la función tanto de limpiar impurezas de la superficie de la tubería como generar anclaje a la misma, respectivamente.

2.5. Granalladora

Es un equipo de limpieza de tubos por medio de material metálico abrasivo que permite obtener un grado de limpieza y un perfil de anclaje adecuado para la adherencia del revestimiento.

2.6. Perfil de anclaje

Es una medida de la rugosidad de la superficie, resultante de la limpieza a chorro con abrasivos. La altura del perfil producido sobre la superficie es medida desde el fondo del valle más bajo hasta el pico del valle más alto.

2.7. Polietileno

Es un polímero formado por varias moléculas de etileno. Es un material termoplástico que posee buenas propiedades mecánicas, gran inercia química, sin polaridad, no absorbe humedad, de excelente aislación eléctrica es inodoro e inerte fisiológicamente.

2.8. Adhesivo

Es una sustancia con capacidad de mantener dos materiales juntos mediante la adhesión de superficies.

2.9. Reproceso

Se le llama de esta manera al proceso realizado en caso de que el tubo deba ingresar nuevamente a la planta para ser procesado desde la estación de limpieza hasta la estación de control final de revestimiento.

3. Bases Teóricas

3.1. Definición de Propuesta

Según la Vigésima tercera edición del diccionario de la Real Academia Española (2009) una propuesta es “la proposición o idea que se manifiesta y ofrece a alguien para un fin”.

3.2. Proceso

Para Niebel, B.W y Freivalds, A. (2004) proceso son la “serie de operaciones que logran el avance del producto hacia su tamaño, forma y especificaciones finales”. (p. 685)

Se puede concluir que un proceso no es más que una secuencia de pasos y decisiones que se siguen para realizar una determinada actividad o tarea.

3.3. Productividad

La productividad es la forma de medir la eficiencia de la función de producción, y según la consultora Business Solutions Consulting Group (www.bscgla.com) puede definirse como “como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo cuando con una cantidad de recursos (Insumos) en un periodo de tiempo dado obtiene el máximo de productos”

En este sentido, la productividad se define como:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

3.4. Eficiencia

Para Beas A., José A., en su artículo: “Dirección y Management”, publicado en: (www.rrhmagazine.com), la eficiencia “consiste en realizar un trabajo o una

actividad al menor costo posible y en el menor tiempo, sin desperdiciar recursos económicos, materiales y humanos; pero a la vez implica calidad al hacer bien lo que se hace”.

3.5. Eficacia

Según Mejía C. (www.planning.com.co) eficacia es el “grado en que se logran los objetivos y metas de un plan, es decir, cuánto de los resultados esperados se alcanzó. La eficacia consiste en concentrar todos los esfuerzos de una entidad en las actividades y procesos que realmente deben llevarse a cabo para el cumplimiento de los objetivos formulados.”.

3.6. Cuello de Botella

Según Chase y Aquilano (2000), un cuello de botella lo definen como “ una limitación dentro del sistema, que limita la demanda atendida y es el punto dentro del proceso de fabricación en donde el flujo se reduce a una corriente estrecha” (p.798).

3.7. Demanda

Para Díaz Matalobos A. (1999) en su libro “Gerencia de Inventario”, “se refiere a la cantidad de unidades solicitadas y no a las despachadas. Si existe suficiente inventario, el consumo es igual a la demanda, ya que cada unidad solicitada es despachada. Si se presenta una ruptura de inventario y durante este período se requieren materiales, la demanda será superior al consumo. En este caso, puede ocurrir que el cliente decida retirar la demanda (caso común en el comercio) o que el cliente solicite que la demanda no satisfecha le sea atendida al ocurrir la próxima recepción” (p. 15).

3.8. Manufactura Esbelta

Según Henderson y Larco, (1999). “es una filosofía utilizada en muchas partes del mundo que nace en Japón. Nace del sistema de Producción de Toyota, y fue concebida por William Edward Deming Taiichi Ohno, Shingo, Eiji Toyoda

entre otros. La Manufactura Esbelta es una serie de herramientas que le permiten a las empresas aumentar el valor de sus actividades mediante el mantenimiento de un ambiente de mejora continua que permite a la empresa reducir y eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto “**desperdicios**”, al servicio y a los procesos, tomando en cuenta siempre al trabajador.

Específicamente, la Manufactura Esbelta reduce la cadena de desperdicios, así como el inventario y el espacio en el piso de producción, reduce las actividades de los sistemas de producción que no agregan valor, crea sistemas apropiados de entrega de materiales sin que se pierda tiempo, encuentra equivocaciones y mejora las tareas de manera que puedan ser más flexibles.

Por lo tanto, uno de los objetivos principales de la Manufactura Esbelta es permitirles a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos, eliminar desperdicios, entregar más rápidamente sus productos terminados, aumentar la satisfacción de sus clientes, mantener un margen de utilidad aceptable y, en general, competir más eficientemente en los mercados internacionales y enfrentar con ello la globalización de los mercados.

La Manufactura Esbelta cubre prácticamente todas las funciones y actividades de la empresa, desde el diseño y mejora de productos hasta la entrega de producto final a los clientes. Por lo tanto, los elementos tradicionales de la Manufactura Esbelta tienen que ver con diseños de nuevos productos y servicios, mejora de los productos ya existentes, órdenes de pedidos, almacenes de materia prima, transporte de materia prima, manufactura o ensamble, transporte de productos terminados, almacén de productos terminados, transporte de productos terminados a clientes y entrega de productos terminados a clientes”. (p. 19)

Entre los enfoques teóricos que sustentan esta investigación El Sistema de Producción Toyota es fundamental por su gran aporte al estudio de desperdicios.

Para Fujio Cho, presidente de Toyota existen siete tipos primordiales de desperdicios:

- El que se debe a un excedente o exceso en la producción: se refiere a las partes o piezas producidas que no son requeridas por el siguiente paso del proceso o por el cliente. El desperdicio por sobreproducción es el producir para inventario.
- El que se debe al tiempo de espera: este desperdicio se produce cuando el trabajador esta ocioso frente a una máquina. También se refiere a las horas-hombre ociosas por falta de coordinación, materia prima, sincronización, fallas en los procesos, entre otros.
- El que se deriva del transporte: ocurre cuando un material, parte o pieza es movida innecesariamente a una distancia para luego ser almacenada y temporalmente arreglada.
- El que resulta de los procesos: ocurre cuando el equipo o las operaciones no son costo-efectivas, hay exceso de capacidad o cuando los equipos no son operados eficientemente.
- El que se obtiene debido a los inventarios: se refiere al mantenimiento de inventarios en proceso entre cada operación y al concepto de inventario de seguridad. Ambas formas responden al objetivo de garantizar continuidad a pesar de la ineficiencia.
- El que es consecuencia de los movimientos: ocurre cuando se incluyen movimientos innecesarios que no agregan valor y está vinculado a la ergonomía del puesto de trabajo, la indisponibilidad, la lejanía de los elementos necesarios para la operación, el inadecuado e inoportuno suministro de materiales, herramientas y partes al puesto de trabajo.
- El que se consigue a partir de los defectos en los productos: cuando un producto o parte están fuera de especificación. El desperdicio en materiales y trabajo no incluye solo la manufactura del defectuoso, sino también el re-trabajo el desecho y otros costos indirectos.

3.9. Las 5S's

Según Sacristán F. (2005) en el libro “Las 5S's Orden y limpieza en el puesto de trabajo”, “es una metodología que mejora la organización y el orden en las áreas de trabajo. Su objetivo es mostrar, reducir, eliminar y prevenir los desperdicios y residuos para que no ocurra en el futuro. La misma se originó en Japón bajo la orientación de W. Eduard Deming hace más de cuarenta años, con el fin de mejorar la eficiencia de las tareas que se desarrollan para lograr la calidad. Se denomina 5S's ya que proviene de cinco términos japoneses que empiezan por la letra S:

- Seiri (Eliminar lo innecesario- Clasificar): Consiste en eliminar del área de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios, ya sean en el área del almacén o administrativas.
- Seiton (Establecimiento de un orden; Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar): se refiere a la organización de todos los elementos, de modo que resulte fácil su empleo, estos deben estar etiquetados para que se encuentren, retiren y vuelvan a su posición fácilmente por los empleados. El orden debe aplicarse una vez que se ha clasificado y ordenado los elementos, de manera contraria no se obtendrán buenos resultados. Se debe tener en cuenta que los elementos de mayor impacto y utilización deben estar cerca de la salida, entre otras normas sencillas.
- Seiso (Limpieza; prevención de la suciedad y el desorden): Se basa en conservar limpias las áreas de trabajo y los equipos. Se debe considerar en el diseño, aplicaciones que ayuden a impedir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.
- Seiketsu (Estandarizar, preservar altos niveles de organización, orden y limpieza): es una metodología que permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras “S”. Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones.

- Shitsuke (Autodisciplina y respeto por las reglas): significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo. Podremos obtener los beneficios alcanzados con las primeras “S” por largo tiempo si se logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos”. (p. 17)

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la PGJAA se manufacturan diariamente tuberías helicoidales de distintos diámetros, las mismas son destinadas a la construcción de oleoductos y gasoductos para cumplir con el plan “Siembra Petrolera”. Además del proceso de fabricación de tuberías, también se dedican HH (horas hombre) y recursos de la planta al proceso “Revestimiento” y por último a la comercialización de dichas tuberías. Para efectos de la presente investigación, solo se analizó el proceso correspondiente al revestimiento de tuberías de grandes diámetros.

Una vez concluida la fase de recabar los datos referentes al proceso de estudio, se presentan los resultados obtenidos y el análisis de los mismos, con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados con anterioridad y de ese modo proponer mejoras pertinentes a los problemas identificados.

- 1. Objetivo específico N°1:** Caracterizar las operaciones realizadas en el proceso “Revestimiento” de tubos de grandes diámetros.

1.1. Preparación de la superficie

Para la preparación de la superficie, la tubería es colocada en la máquina granalladora (véase figura N° 7), dicha máquina está dotada de una boquilla soportada por un carrito que se desliza longitudinalmente por la parte interna de la tubería desde el comienzo hasta el final de la misma. Por una de las boquillas se inyecta granalla esférica a alta presión mientras la tubería está rotando, de este modo después de una o dos pasadas se obtiene una superficie limpia de toda capa de herrumbre, mientras que por la otra boquilla se inyecta granalla de tipo angular para darle a la superficie la rugosidad o perfil de anclaje necesario para la buena adherencia del polvo epóxico.



Figura 7: Etapa de preparación de la superficie, granallado externo.
Fuente: Manuales de PGJAA

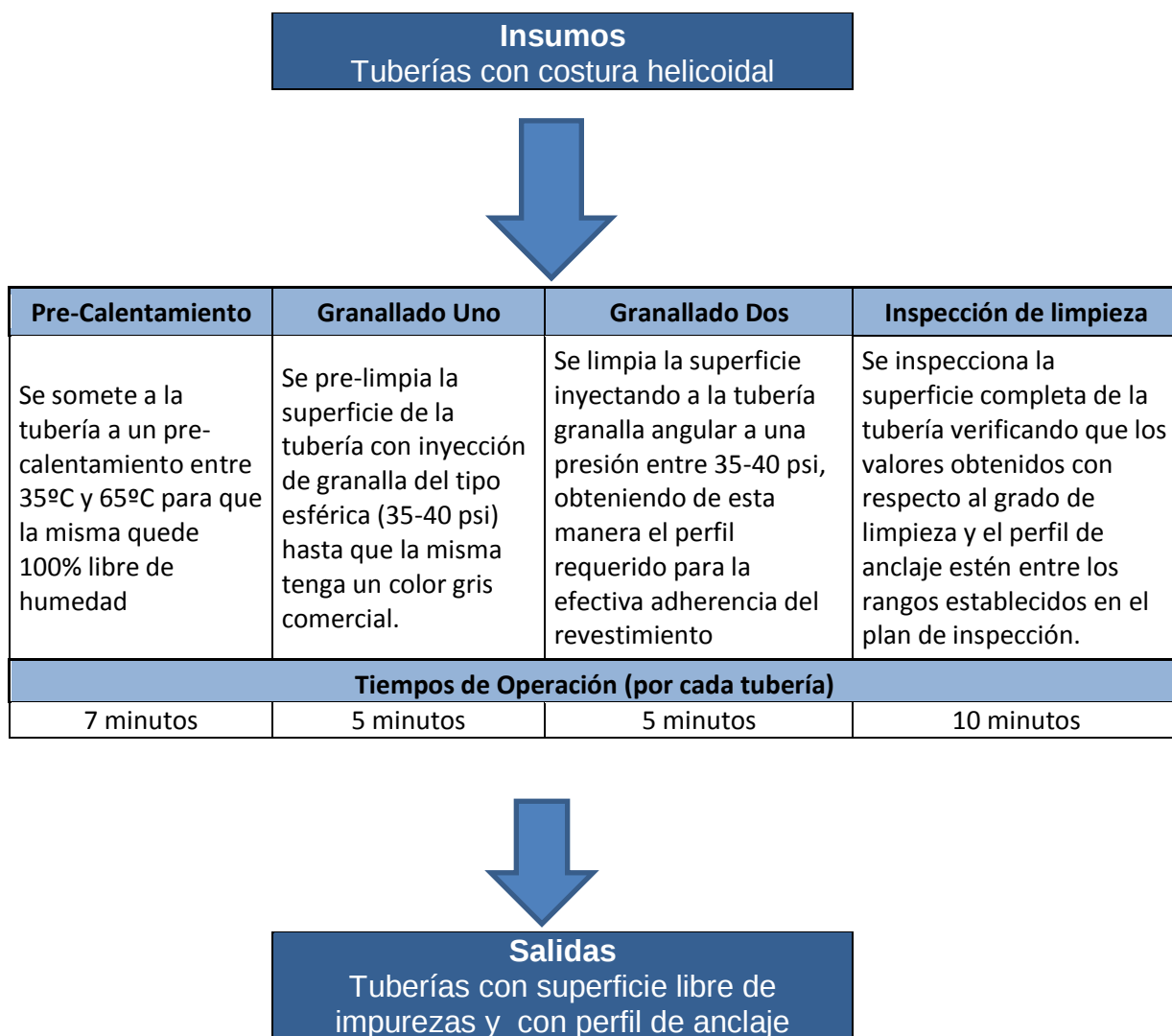


Figura 8: Mapa de proceso de preparación de superficie de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por observación directa

1.1.1. Recursos utilizados

La línea de limpieza de tuberías está compuesta por las operaciones dedicadas a la preparación superficial de la tubería, la línea trabaja con un total de seis (6) operadores, los cuales son organizados al comienzo de cada turno por el Jefe de Revestimiento.

Recursos	Actividad	Operación donde actúan	Personal necesario	Frecuencia de utilización
Higrómetro y termómetro	Medición de la humedad relativa y la temperatura ambiente	Pre-Calentamiento	Un operador	Primera tubería
Pistola IR	Medición de la tubería antes del granallado	Posterior al pre-calentamiento	Un operador	Primera tubería
Granalla esférica	Limpiar toda la capa de herrumbre de la tubería.	Granalladora 1	Un operador que se asegura de que la máquina contenga la granalla	La fábrica se reservó dicha información
Granalla angular	Generar el perfil de anclaje o rugosidad necesaria para la adherencia de la pintura	Granalladora 2		
Esmeril con disco de lija y lima	Eliminar discontinuidades generadas en el granallado	Inspección de limpieza superficial	Dos operadores encargados de inspeccionar la limpieza de la superficie y su rugosidad	Todas las tuberías
Rugosímetro	Medir el nivel de rugosidad de la superficie con el fin de determinar si el perfil de anclaje es correcto	Inspección de limpieza superficial		Primera tubería
Micrómetro	Medir el cumplimiento del perfil de anclaje de la tuberías de acuerdo a las especificaciones.	Inspección de limpieza superficial		

Tabla 4: Descripción de recursos de operación.

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por observación directa.

La lista de recursos mencionados anteriormente sirven básicamente como instrumentos de medición para asegurar que el proceso haya arrancado correctamente, en este sentido, se colocó una columna donde se describe la frecuencia de utilización de dichos instrumentos, los cuales en su mayoría son utilizados únicamente al comienzo de cada proyecto como modelo de prueba.

Cabe mencionar que los mismos operadores encargados de inspeccionar la tubería tienen la labor de colocar los acoples a las tuberías para su traslado a la línea de revestimiento, con estos acoples se garantiza la continuidad de la línea de tuberías.

1.2. Lavado

Una vez completada la preparación de la superficie, entra la operación de limpieza del tubo, la cual consta de una cámara dotada de boquillas que inyectan a la superficie (véase figura N°8) de la tubería ácido fosfórico de baja concentración (entre 5% y 20%). Su finalidad es eliminar todas las impurezas presentes en la tubería después de pasar por el granallado externo, ya que cuando a la tubería se le aplique el recubrimiento con la pintura es completamente necesario que la superficie se encuentre limpia de toda suciedad. Posteriormente, se hace pasar el tubo a través de otra cámara en donde el ácido es removido de la superficie con la aplicación de un chorro de agua desmineralizada (véase figura N°9) la cual es tratada por la PGJAA.



Figura 9: Lavado con ácido fosfórico.

Fuente: Manuales de PGJAA



Figura 10: Lavado con agua desmineralizada.
Fuente: Manuales de PGJAA

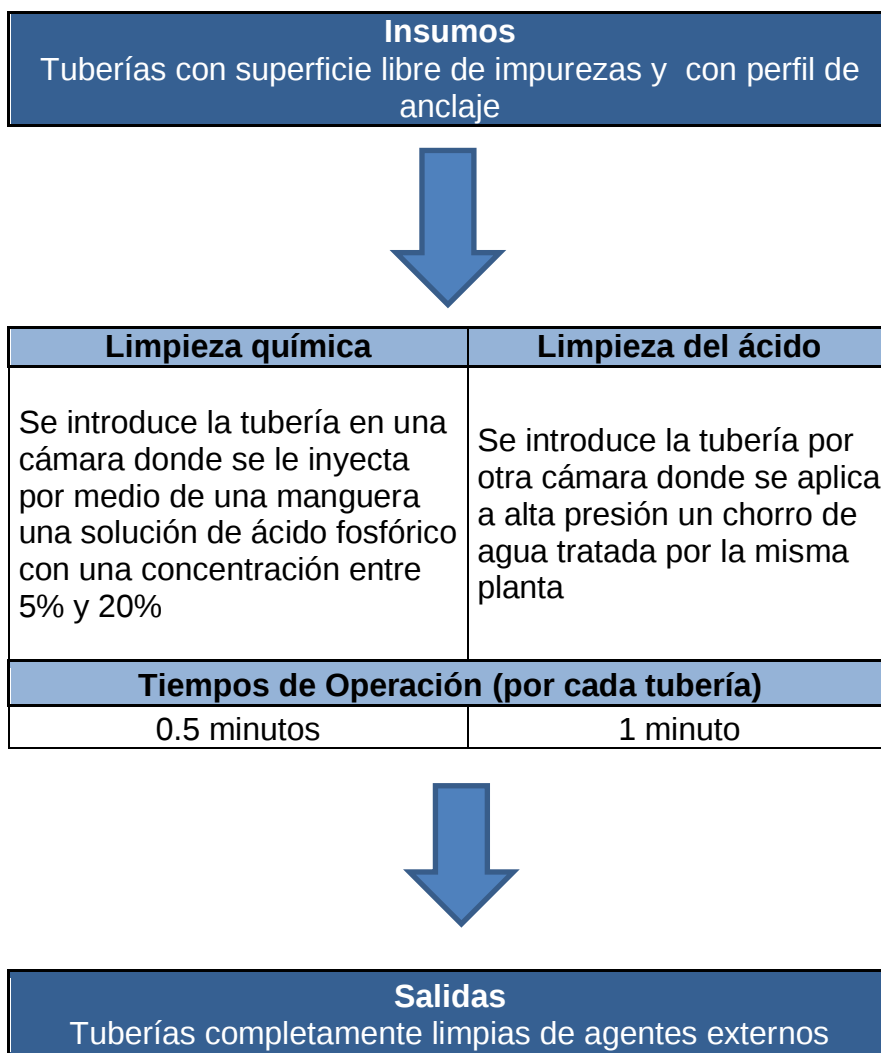


Figura 11: Mapa de proceso de limpieza de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por observación directa.

1.2.1. Recursos utilizados

Los insumos requeridos por la operación de limpieza química son descritos en la siguiente tabla:

Recurso	Actividad	Operación en la que se requieren	Personal necesario
Pistola IR	Control de la temperatura antes de la aplicación del ácido fosfórico	Antes de entrar a la ducha de ácido	1 Operador
Ácido fosfórico	Eliminar todos los agentes externos presentes en la tubería	Limpieza química	El equipo del Depto. De Control de Calidad son los encargados de preparar la solución Un operador encargado de verificar el correcto funcionamiento de los filtros y los separadores
Agua desmineralizada	Limpiar los restos de ácido que estén presentes	Limpieza del ácido	Un operador encargado de verificar el correcto funcionamiento de la bomba de agua.

Tabla 5: Descripción de recursos de operación.

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por entrevistas no estructuradas.

1.3. Calentamiento

Luego, entra en la etapa de calentamiento en un horno a base de gas, de tal forma que la temperatura en la superficie del tubo en la entrada de la estación de revestimiento cumpla con lo indicado en las especificaciones. La fuente de calentamiento no deberá dejar residuos o contaminantes sobre la superficie del tubo, ni tampoco deberán calentarse a tal extremo que la superficie presente un tono azul ya que es un indicador de formación de óxido.

La operación de calentamiento cuenta con 2 (dos) hornos; el primero servirá para elevar hasta cierto punto (dependiendo del espesor de la lámina) la temperatura de la tubería mientras que el otro tendrá básicamente la función de terminar de llevar la misma tubería a la temperatura necesaria para entrar a la cámara de FBE (dependiendo de las especificaciones del cliente). La razón por la cual existen 2 (hornos) de calentamiento se debe a que la distancia entre el primer horno y la cabina de FBE es considerablemente grande lo cual afecta la temperatura de entrada de la tubería a la misma, también se debe a que calentamiento no se ejecuta directamente con un solo horno ya que este podría cambiar las propiedades fisicoquímicas de la tubería (calentamientos entre 400°C y 450°C).



Figura 12: Salida del tubo del horno de calentamiento.

Fuente: Manuales de PGJAA.

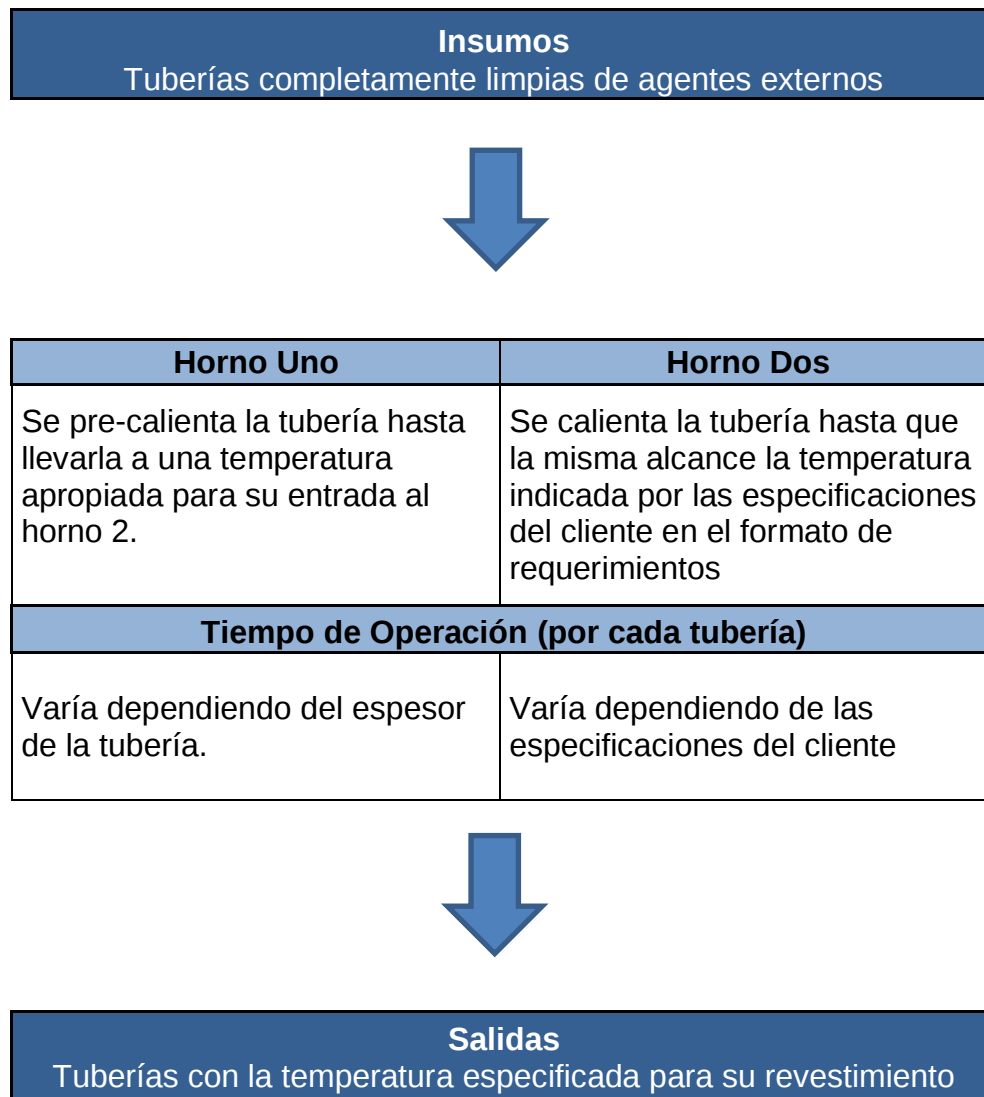


Figura 13: Mapa de proceso del calentamiento de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por observación directa.

1.3.1. Recursos utilizados

En la presente operación los únicos recursos empleados son dos (2) operadores controlando y monitoreando el tablero de ambos hornos. Ellos tienen la responsabilidad de poner a marchar el horno 1 a una temperatura inferior a la temperatura del horno 2. Este criterio viene dado ya que el cliente, mediante las especificaciones, exige que las tuberías lleguen a la cámara de FBE a una temperatura indicada, la misma puede ser alcanzada por el horno N°1 pero, la

distancia entre dicho horno y la cabina de revestimiento obliga a que se incorpore otro horno (horno N°2) que compense esa diferencia de temperatura a la que bajó la tubería luego de salir del horno N°1, el cual está denominado como horno de precalentamiento de la línea de revestimiento.

1.4. Aplicación de la pintura de revestimiento

Posteriormente, cuando la tubería se encuentra en la temperatura especificada por el cliente se lleva a cabo la aplicación de la pintura epóxica, por medio de pulverización electroestática sobre la tubería caliente dentro de la cabina FBE (véase figura N°13). La velocidad de aplicación será la suficiente para producir una película seca y uniforme con el espesor indicado en las especificaciones. El extremo de la tubería debe quedar libre de revestimiento, para esto se utiliza cinta adhesiva justo antes de ser aplicada la resina y será removida antes que cumpla el tiempo de curado. Para cumplir con esta operación se utilizan inyectores (véase figura N°14) que están colocados de forma tal que aseguran que toda la superficie de la tubería va a estar completamente revestida sin necesidad de estar rotándola.

La cámara opera con un total de 14 pistolas las cuales inyectan una mezcla (aproximadamente 50% resina FBE y 50% aire comprimido) a una presión de 2.000 psi cada una. El jefe de revestimiento es el encargado de hacer los cálculos necesarios para configurar las pistolas y de ese modo obtener el espesor de pintura exigido por el cliente, para ello debe tomar en cuenta las variables que aparecen tales como el número de pistolas a utilizar, el espesor requerido, la velocidad de giro y la velocidad de la tubería en la línea de revestimiento.



*Figura 14: Aplicación de resina epóxica.
Fuente: Manuales de PGJAA*



*Figura 15: Inyectores rociadores de la resina en polvo.
Fuente: Manuales de PGJAA*

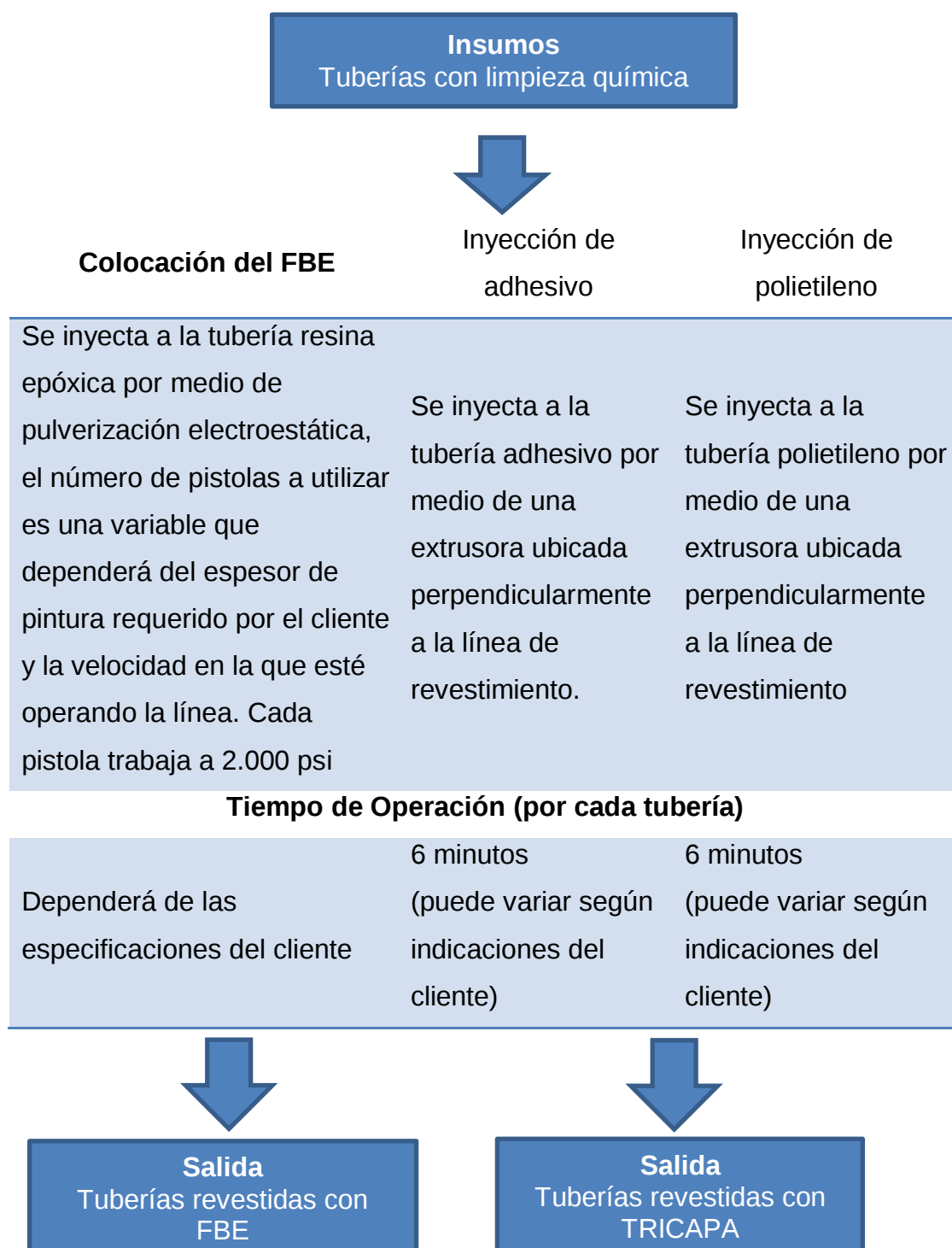


Figura 16: Mapa de proceso de aplicación de resina de tuberías de 12 metros de longitud y 36 pulgadas de diámetro.

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por entrevistas.

1.4.1. Recursos utilizados

Los recursos requeridos en esta operación son básicamente aire seco comprimido (recurso N°1) tratado por la planta e inyectado mediante un sistema de bombeo. El aire comprimido pasa a través de unas mangueras en la que se une con la resina FBE (recurso N°2) la cual estaba previamente ubicada en un tanque.

Finalmente son inyectadas por unas pistolas las cuales trabajan a una presión de dos mil (2.000) psi, dichas pistolas (14 pistolas en total) son homologadas o programadas por el Jefe de Revestimiento ya que es el primero en tener conocimiento del espesor de resina requerido por el cliente y demás requerimientos. A medida que el espesor es mayor, el número de pistolas a utilizar es mayor y viceversa, en este cálculo también interviene la velocidad a la que va la tubería.

Si el requerimiento a cubrir es de revestimiento TRICAPA, las tuberías luego de pasar por la cámara de FBE se verán sometidas a una inyección de adhesivo (recurso N°3) y polietileno (recurso N°4) mediante una extrusora la cual está ubicada a pocos metros de la línea, colocadas de manera perpendicular y desde una posición que permite cubrir toda la superficie de la tubería mientras esta rotando.

Recurso	Actividad	Operación en la que se requieren	Personal necesario
Aire comprimido	Servir de medio para la inyección del polvo epóxica.	Revestimiento de tuberías con pintura FBE.	2 Operadores
FBE (fibra epóxica en polvo)	Revestimiento de la tubería para su protección anti-corrosiva		
Adhesivo	Revestimiento de la tubería para su protección anti-corrosiva y de impacto	Revestimiento de tuberías con pintura TRICAPA.	1 Operador
Polietileno	Revestimiento de la tubería para su protección anti-corrosiva y de impacto		1 Operador

Tabla 6: Descripción de recursos de operación.

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por entrevistas no estructuradas.

1.5. Enfriamiento

Después que el revestimiento haya curado, se somete al tubo a enfriamiento por medio de atomización de agua, hasta llevarlo a una temperatura no mayor de 66 °C (150 °F), para facilitar su manejo e inspección final.

El proceso de inspección se realiza en una batea de control, dichas actividades de inspección, ensayos y registro de fallas son llevadas a cabo por el personal del Dpto. de Control de Calidad.



*Figura 17: Lavado del tubo en la batea de enfriamiento.
Fuente: Manuales de PGJAA*



*Figura 18: Batea de enfriamiento.
Fuente: Manuales de PGJAA*

1.6. Recursos utilizados

En la presente operación el recurso utilizado es agua desmineralizada que sale de unos atomizadores ubicados encima de la tubería. Debido a que esta operación es completamente automatizada, solo se requiere de la intervención de un solo operador de la línea para verificar la temperatura de la tubería y encender o apagar las mangueras y posteriormente quitar los acoples a la tubería.

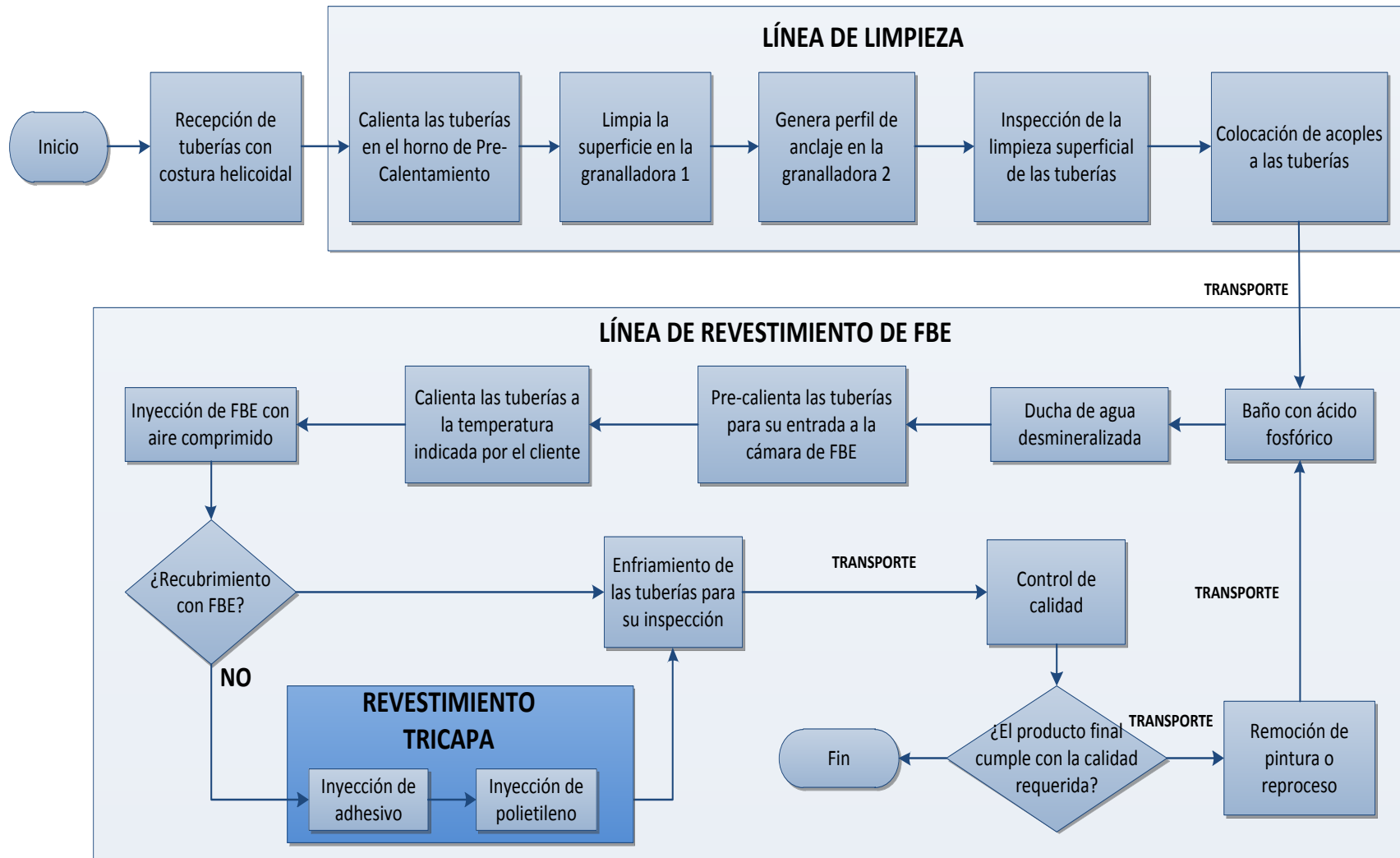


Figura 19: Flujograma del proceso "Revestimiento".

Fuente: Elaboración propia.

- 2. Objetivo específico N°2:** Caracterizar los desperdicios de las operaciones que se realizan durante el proceso “Revestimiento” de tuberías de grandes diámetros.

2.1. Desperdicio por movimientos innecesarios

Los movimientos efectuados por el Jefe de Revestimiento que se pudieron apreciar mediante la aplicación de técnicas tales como observación directa fueron los siguientes:

Descripción del Cargo	Movimiento Realizado	Tiempo de Recorrido (segundos)	Tiempo de Actividad (segundos)
Jefe de Revestimiento	Se dirige a buscar en el Departamento de Calidad el formato “homologación de revestimiento FBE/ Tricapa”	300	N/A
	Se dirige a programar el Tablero N° 1 donde se ajustan las velocidades y temperaturas de las granalladoras y el horno de pre-calentamiento.	30	45
	Se dirige al tablero N° 2 para el ajuste de temperaturas y velocidades de los hornos de calentamiento en la línea “Revestimiento”.	30	45
	Se dirige a ajustar el N° de pistolas que van a intervenir en la inyección de pintura epóxica.	20	90
Tiempo total de recorrido (segundos)		<u>380</u>	<u>180</u>

Tabla 7: Descripción de los movimientos realizados por el Jefe de Revestimiento
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por observación directa.

En la tabla anterior se determinó el tiempo total (1 solo muestreo) invertido por el Jefe de Revestimiento en realizar las actividades que se llevan a cabo para poner en marcha las dos líneas del proceso justo cuando se recibe el pedido, dichos cálculos se determinaron mediante la aplicación de las técnicas planteadas anteriormente, debido a que actualmente no se lleva en la fábrica ningún registro de los tiempos invertido en movimientos.

Adicionalmente se puede resaltar que dichas actividades son realizadas por proyecto a cubrir y no por cada tubería a revestir, por ende, el tiempo invertido en las actividades realizadas por el Jefe de Revestimiento es prácticamente despreciable con respecto al tiempo de duración que toma cubrir cada proyecto planificado, el cual dependiendo del mismo podría llegar a ser hasta de semanas, dicha información fue suministrada por registros realizados por la empresa.

Con respecto a los demás operadores que integran el equipo de revestimiento, se pudo observar que los que están encargados de la inspección de limpieza de tuberías llevan consigo una correa con las herramientas e instrumentos (rugosímetro, micrómetros, entre otros) necesarios para la revisión superficial, es decir, no hay inversión de tiempo en búsqueda de herramientas para completar la inspección, en caso de requerir de otro instrumento para corregir fallas de limpieza tienen a un lado de la parrilla de inspección un mesón con los demás equipos como por ejemplo el esmeril y los que tienen como responsabilidad controlar las temperaturas de las tuberías tienen a la mano su pistola IR para hacer sus mediciones.

Las demás operaciones realizadas por el resto del personal en el proceso “Revestimiento” son de revisión del correcto funcionamiento de las máquinas y de puesta en marcha de las mismas frente a su respectivo tablero de control, de esta manera, una vez que se programan dichos tableros, se revisan los insumos a utilizar y se ajustan los equipos (en caso de requerirlo), no se incurren en movimientos adicionales que no generen valor al proceso.

Luego de haber observado el total de movimientos realizados por los operadores (Jefe de Revestimiento, operadores de inspección tanto de limpieza como de producto terminado, revisión de máquinas y reparación) para efectuar

sus actividades, se determinó que el tiempo que los mismos emplean son muy bajos con respecto al tiempo que toma cubrir cada proyecto, en este sentido el desperdicio generado por movimientos innecesarios o incorrectos son realmente despreciables al igual que los realizador por el Jefe de Revestimiento, en este sentido no se procedió a la cuantificación en términos de pérdidas o ingresos dejados de percibir a causa del presente desperdicio.

2.2. Desperdicio por sobreproducción

La fábrica no presenta este tipo de desperdicio debido a que su política de producción está basada en el sistema halar (*PULL*) el cual establece que los clientes sean atendidos en el momento preciso y con la cantidad exactamente requerida, mediante un proceso de producción que utilice el menor inventario posible.

Por tal motivo, no se identificó un desperdicio de esta naturaleza en el proceso “Revestimiento”, ya que se revisten un número establecido de tuberías por cada proyecto y las mismas son despachadas inmediatamente por el cliente.

2.3. Desperdicio causados por espera

Por motivo a que el presente desperdicio está relacionado con los operarios del proceso “Revestimiento”, para cubrir con el presente objetivo los investigadores tomaron la decisión de tomar los tiempos ociosos de los operarios en los equipos que no estén presentando fallas, es decir, que se encuentren funcionando correctamente y a los cuales ellos se encuentre observándolos mientras las máquinas procesan las tuberías.

Es de relevancia señalar que todos los equipos presentes en ambas líneas de producción son automatizados y los mismos se programan en sus respectivos tableros de control, ya sea para ajustar algún parámetro y medida o simplemente para detenerlo y ponerlo en marcha nuevamente, no se tomó en cuenta como tiempo ocioso del operador el caso en el que falte algún insumo o recurso necesario del equipo y tenga que dirigirse a buscarlo para colocarlo en su máquina

debido a que se estaría haciendo referencia a otro tipo de desperdicio ajeno al de este punto.

En la siguiente tabla se describirán los operadores, la máquina que operan, su ubicación y función en el proceso durante un turno (8 horas) al día.

Operario	Máquina	Ubicación	Función
A	N/A	Línea de Limpieza	Recibir las tuberías traídas desde la línea de fabricación
B	Horno de Pre-Calentamiento		Ajustar el tablero de control con la temperatura indicada
C	Granalladora 1		Ajustar el tablero de control con la velocidad indicada Verificar la cantidad de granalla esférica
D	Granalladora 2		Ajustar el tablero de control con la velocidad indicada Verificar la cantidad de granalla angular
E;F	N/A		Inspeccionar la superficie de la tubería Validar que cumpla con los parámetros de limpieza establecidos Colocar los acoples de las tuberías
G	Cabina de ácido fosfórico	Línea de Revestimiento	Control del aire comprimido Control de la temperatura antes de la aplicación del ácido
H	Ducha de agua desmineralizada		Control de temperatura de la tubería después de la aplicación del ácido
I	Horno de Pre-Calentamiento 2		Ajustar el tablero de control con la temperatura indicada
J	Horno de Calentamiento		Ajustar el tablero de control con la temperatura indicada
K;L	Cabina de polvo FBE		Ajustar las pistolas de inyección Ajustar el tablero en caso de algún cambio en el revestimiento Verificar que el recipiente contenga suficiente polvo FBE
M	Extrusora de Adhesivo		Verificar el correcto funcionamiento de la extrusora Verificar la velocidad de giro de la tubería
N	Extrusora de Polietileno		Verificar el correcto funcionamiento de la extrusora Verificar la velocidad de giro de la tubería
O	Batea de Enfriamiento		Verificar la temperatura final de la tubería

Departamento de Control de Calidad	Parrilla de Inspección Final	Control de Calidad	Ejecutar ensayos para determinar la calidad del producto final Verificar el número de defectos de las tuberías revestidas
P;Q	Torno	Línea de Reproceso	Poner en marcha la línea de reproceso Verificar el correcto funcionamiento del torno Validar que la tubería haya sido completamente desconchada

*Tabla 8: : Descripción de las funciones de los operarios y sus puestos de trabajo.
Fuente: Elaboración propia en base a datos por entrevistas.*

A continuación se señalan los tiempos ociosos de cada operador (tomados una sola vez) durante un solo turno (la planta opera durante tres turnos por día) en el proceso “Revestimiento” (línea de limpieza, línea de revestimiento y reproceso). La PGJAA no suministró los sueldos de cada operador por lo que no se pudo cuantificar el costo por tiempo ocioso de cada uno.

Operario	Máquina	Tiempo Ocioso por tubería en procesamiento (minutos)	Tiempo Ocioso por tubería procesada en un turno (minutos)	% de tiempo ocioso por turno
P;Q	Torno	10	210	44%
B	Horno de Pre-Calentamiento	7	147	31%
M	Extrusora de Adhesivo	6	126	26%
N	Extrusora de Polietileno	6	126	26%
C	Granalladora 1	5	105	22%
D	Granalladora 2	5	105	22%
O	Batea de Enfriamiento	5	105	22%
H	Ducha de agua desmineralizada	1	21	4%
G	Cabina de ácido fosfórico	0,5	10,5	2%
I	Horno de Pre-Calentamiento 2	Variable	N/A	N/A
J	Horno de Calentamiento	Variable	N/A	N/A
K;L	Cabina de polvo FBE	Variable	N/A	N/A
Total			955,5	

*Tabla 9: Tiempo ocioso de cada operador por tubería en procesamiento y procesada.
Fuente: Elaboración propia en base a datos de observación directa.*

2.4. Desperdicio por transporte de tuberías

Mediante la técnica de observación directa y entrevistas no estructuradas con el personal encargado se lograron identificar siete operaciones destinadas al transporte de tuberías, las cuales se describen a continuación.

Desperdicios asociados al transporte de tuberías			
Descripción del transporte		Tiempo de transporte (minutos)	Recursos empleados
Desde su carga en el área de fabricación de las tuberías	Hasta la descarga en la línea de limpieza	20	Montacargas
Desde el área de inspección de la limpieza	Hasta la línea de revestimiento	0,75	Rodillos de transporte
Desde la batea de enfriamiento	Hasta la batea de control e inspección	0,5	Rodillos de transporte
Desde la parrilla de control e inspección	Hasta la zona de despacho	5	Montacargas
Desde la batea de control e inspección	Hasta la línea de reparación Nº 1	5	Grúa de transporte
Desde la batea de control e inspección	Hasta la línea de reparación Nº 2 (opcional)	10	Montacargas
Desde la línea de reparación Nº 1	Hasta la línea de revestimiento	5	Grúa de transporte
Desde la línea de reparación Nº 2 (opcional)	Hasta la línea de revestimiento	10	Montacargas
Total de tiempo invertido en transporte de tuberías sin reparación (minutos)		26,25	
Total de tiempo invertido en transporte de tuberías con reparaciones en la línea de reparación Nº 1 (minutos)		36,25	
Total de tiempo invertido en transporte de tuberías con reparaciones en la línea de reparación Nº 2 (minutos)		46,25	

Tabla 10: Descripción del desperdicio asociado al transporte
Fuente: Elaboración propia en base a datos por observación directa

Las actividades destinadas al transporte de tuberías como se mencionó no agregan valor al proceso, a causa de la distribución de las máquinas; en ambas líneas se pudo observar que se llevan a cabo ciertas actividades para el traslado de tuberías las cuales son completamente necesarias y cuya eliminación puede requerir de una alta inversión para su re-distribución, sin embargo se puede eliminar una de ellas (desde el área de inspección de la limpieza hasta la línea de revestimiento), disminuyendo de esta manera tiempo invertido en una operación de transporte que bien podría ser corregido y mejorado, generando de esta manera un ahorro de cuarenta y cinco (45) segundos por cada tubería requerida para revestir.

2.5. Desperdicios causados por Defectos

Una vez finalizado el proceso “Revestimiento” los tubos son llevados a la batea de control e inspección para su revisión final, los mismos deberán cumplir con un máximo de defectos permitidos dependiendo de las especificaciones dadas por el cliente. En caso de que el número de defectos encontrados excedan las especificaciones establecidas se deberán llevar las tuberías al área de reparación. Allí se encuentra un torno el cual se encarga de remover la pintura adherida a la superficie de las tuberías, durante este proceso las tuberías se mantienen calientes mediante un mechero para hacer más sencilla su remoción.

2.6. Desperdicio causado por el proceso mismo

El desperdicio derivado o causado por el proceso en sí fue identificado en un cuello de botella presente a lo largo del proceso, es decir, alguna operación o equipo empleado no es efectivo dentro de la línea tanto de limpieza como en la de revestimiento, debido a que su capacidad puede generar un tiempo ocioso a la máquina previa o posterior.

Dicho cuello de botella fue detectado en la parrilla de inspección de limpieza, justo antes de su traslado a la línea de revestimiento para la aplicación del ácido fosfórico y agua desmineralizada. En ese punto se pudo observar una

acumulación de tuberías generada por un diferencial en las velocidades en la que opera la línea de revestimiento con respecto a la línea de limpieza, siendo esta última la más rápida pero precisamente no la más eficiente.

Las tuberías se van aglomerando progresivamente en la parrilla de inspección, donde son revisadas por dos operadores los cuales verifican si la superficie se encuentra completamente limpia, sin embargo, durante dicha inspección llega un punto en la que debe pararse la línea debido a la sobrecarga en la parrilla, una vez que hayan sido inspeccionadas las tuberías y por lo tanto hayan sido trasladadas a la línea de revestimiento, se procede a reactivar la línea nuevamente.

El criterio empleado para evaluar el tiempo ocioso de la línea de limpieza causado por el cuello de botella se analizó con las paradas no programadas. Las paradas no programadas se definieron como aquellas ocasionadas por el equipo o máquina que deja de operar debido a la falta de insumo (tuberías), material en proceso a la entrada (como es el caso) o acumulación de insumos a la salida del equipo que le impiden trabajar con regularidad.

Las paradas no programadas se realizan justo cuando se llega a un máximo de 5 tuberías acumuladas en la parrilla, independientemente de las velocidades a las que estén operando cada línea la cuales varían dependiendo del proyecto y sus especificaciones (acceso restringido a dicha información).

En la siguiente tabla se cuantifican las tuberías dejadas de procesar a causa de las paradas no programadas, es importante destacar que por falta de información (velocidades de ambas líneas y registro de paradas de la línea de limpieza) no se pudo calcular el número de veces en las que la línea fue detenida, por este motivo el cálculo de tuberías está basado en el escenario menos favorable de la fábrica, donde se debe detener al menos una sola vez por día la línea de limpieza durante cincuenta (50) minutos, tomando en cuenta que los operadores de inspección demoran diez (10) minutos al menos en revisar cada superficie de las tuberías que son cinco (5), máxima cantidad permitida en la parrilla de inspección.

Equipo	Tiempo Ocioso (min)	Tiempo Operando (min)	% de tiempo ocioso de producción	Tuberías dejadas de procesar por día de producción (unidad)
Línea de revestimiento	50	1440	3,47%	2

*Tabla 11: Descripción del desperdicio asociado a la espera.
Fuente: Elaboración propia en base a datos de observación directa.*

2.7. Desperdicios por inventario en proceso

En el proceso “Revestimiento” no hay presencia de inventario de tuberías revestidas debido a que la política de producción de la fábrica está basada en el sistema halar (PULL), la misma contempla que una vez que está listo el pedido, el cliente (PDVSA Industrial, PDVSA Gas) lo despacha inmediatamente, en este sentido la PGJAA no presenta almacenes de producto terminado, por lo tanto no hay costos asociados a inventario.

Cabe destacar, que no existe un área establecida o bien señalizada de almacenamiento en caso de que uno de las líneas tenga que detenerse a causa de algún error en los ajustes o fallas mecánicas en las máquinas, en este caso las tuberías se mantienen en su sitio mientras el personal encargado del mantenimiento resuelve el inconveniente.

Por ser una línea continua, integrada por varios equipos o máquinas sincronizados entre sí, el proceso actúa a velocidad constante, sin ninguna parada (en caso de que las máquinas no presenten fallas), por este motivo no es necesario colocar las tuberías en algún tipo de depósito o almacén, es decir no se presenta inventario en proceso, ya que una vez que salen de una operación entran a la siguiente inmediatamente de acuerdo a la velocidad de la línea.

3. Objetivo específico N°3: Determinar las posibles causas por las cuales la fábrica no puede incrementar su nivel de productividad.

Con el propósito de identificar las principales causas que afectan la productividad del proceso “Revestimiento” de tuberías, se llevó a cabo una sesión de trabajo con el Jefe de Revestimiento y uno de sus operadores, en la cual se identificaron las posibles causas que generan atrasos o desperdicios durante el proceso. También fue necesario incurrir a entrevistas no estructuradas con el personal del Departamento de Control de Calidad, los cuales proporcionaron información valiosa para el presente objetivo.

Los resultados obtenidos se reflejaron en un Diagrama Causa-Efecto de las 5M que permite señalar de manera esquemática las cinco principales causas que generan un impacto negativo en la productividad del proceso.

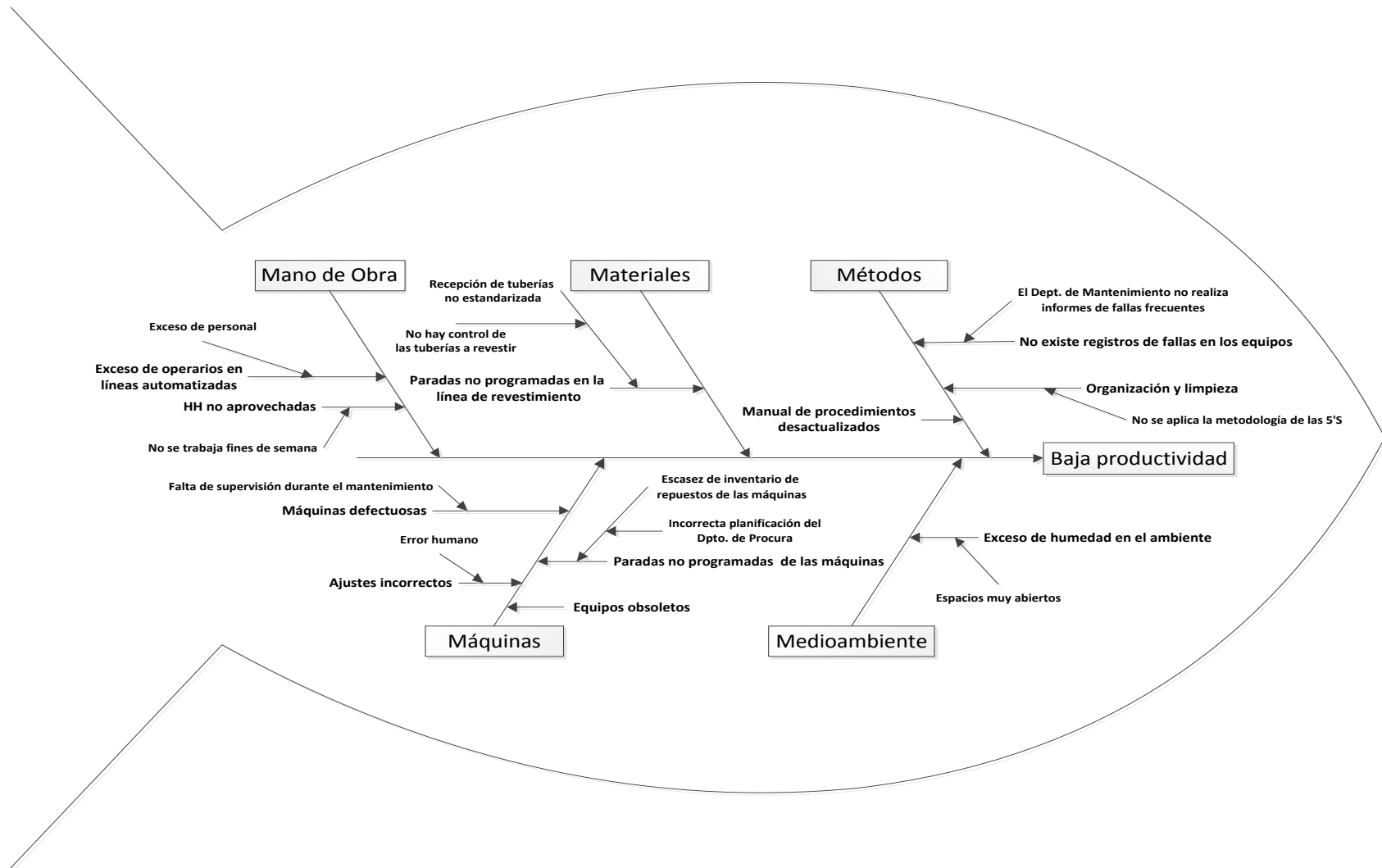


Figura 20: Diagrama Causa-Efecto.
Fuente: Elaboración propia

En primer lugar se identificaron cuatro posibles causas relacionadas con las máquinas usadas en la PGJAA:

- Equipos obsoletos: Las extrusoras de la pintura para el revestimiento TRICAPA, encargadas de inyectar el adhesivo y el polietileno a las tuberías se encuentra en estatus de obsolescencia en comparación con las que hay actualmente en el mercado, dichos equipos están generando un cuello de botella que afecta la productividad en la línea de revestimiento TRICAPA debido a que su capacidad está por debajo de la demandada por el cliente.
- Máquinas defectuosas: En ocasiones esporádicas las máquinas no trabajan de forma eficiente debido a alguna falla durante el proceso, esto generado por la falta de supervisión durante los turnos de mantenimientos, lo cual traerá como consecuencias paradas no planificadas en el proceso que afectan su productividad.
- Ajustes Incorrectos: El Jefe de Revestimiento, encargado de ajustar la temperatura de los hornos y la velocidad de las líneas puede incurrir en ocasiones en un error humano debido a los múltiples ajustes que hay que hacer a los diversos equipos, los mismos dependerán de las especificaciones del cliente.
- Paradas no programadas de las máquinas: Debido a la falta de planificación de inventarios y a la incorrecta planificación por parte del Departamento de Procura y a una comunicación ineficiente entre dicho personal con el de Mantenimiento se genera una falta de disponibilidad en el stock de repuestos que las distintas máquinas necesitan para su correcto funcionamiento en caso que éstas presenten fallas.

En segundo lugar se identificó una posible causa con respecto a los materiales:

- Paradas no programadas en la línea de revestimiento: Al momento de recibir las tuberías en la línea de limpieza, debido a que no todas presentan el mismo sentido en su cordón helicoidal (las tuberías se fabrican con cordones en ambos sentidos), es posible que la línea de revestimiento deba

detenerse ya que el revestimiento con pintura epóxica no es eficiente en caso de que exista alguna tubería con una costura en sentido contrario al resto. Esto ha propiciado grandes pérdidas en tiempo y recursos para cambiar la tubería a revestir por otra, ya que la misma debe ir acorde el sentido de las demás, de lo contrario, el producto final presentará muchas fallas y se pierde mucha pintura.

Con respecto a la mano de obra se identificaron dos posibles causas:

- Horas Hombre no aprovechadas: La PGJAA no tiene jornadas laborales durante los fines de semana por lo tanto no hay actividad de ningún tipo por 48 horas seguidas. A pesar de contar con 3 turnos diarios de lunes a viernes, es posible que sea necesario incorporar más turnos durante los fines de semana, esto lógicamente tendrá incidencias en la estructura de costos de la planta por incidencias salariales. Adicionalmente, uno de los turnos se dedica a labores de mantenimiento.
- Exceso de operarios en líneas automatizadas: Hoy en día, en la fábrica existe un exceso de recursos relacionados al número de operadores que trabajan en el proceso, debido a la política de contrataciones a la que está alineada la fábrica. Por esta razón, es posible que las actividades que realicen alguno de ellos no sean completamente necesarias para poner en correcta marcha el revestimiento de tuberías sin afectar la capacidad de los demás recursos. Esto genera costos adicionales que afectan la productividad de la fábrica, a menos que los mismos puedan ser reubicados para un mejor aprovechamiento de sus actividades.

En cuanto al medio ambiente se identificó una sola posible causa:

- Presencia de humedad en el ambiente: A pesar de que las líneas de limpieza y revestimiento se encuentran ubicadas en un espacio bajo techo, éstas no están en un sitio adecuadamente cerrado en toda su dimensión, por lo tanto en épocas de lluvia, aumenta la humedad en el ambiente y es posible que las líneas deban detenerse ya que las tuberías tienen que estar

completamente libres de humedad para ser revestidas con eficiencia (parámetros establecidos por los clientes con bastante rigurosidad).

Por último en cuanto a los métodos empleados, se identificaron las siguientes causas:

- Carencia de registros de fallas de máquinas: no se lleva ningún registro que contengan las fallas más comunes presentadas por cada máquina de la línea (plan de mantenimiento), esto ayudará a tener una estimación más clara en cuanto a la planificación del inventario de repuestos.
- Manuales de procedimientos desactualizados: Actualmente, los manuales de procedimientos que posee la fábrica están completamente desactualizados ya que tienen vigencia de hace más de 5 años, los mismos deben ser actualizados con más frecuencia ya que los procedimientos, formatos, insumos o instrumentos posiblemente han sufrido algún cambio con respecto a los establecidos en los manuales actuales. En caso de que algún operador recién ingresado consulte dichos manuales para su adiestramiento seguramente tendrá un conocimiento incorrecto de las prácticas actuales y el mismo no será eficiente como se espera que sea.
- Orden y limpieza: No se aplica en plenitud la metodología de las 5S's, ya que a pesar de que las actividades en su mayoría están estandarizadas, las herramientas y materiales no tienen un sitio específico para ser colocadas (Seiton), además no existen niveles recomendados de organización, orden y limpieza, ya que no aplican un mecanismo que les permita mantener los posibles logros alcanzados en caso de haberlos tenido (Seiso y Seiketsu).

CAPITULO VI

LA PROPUESTA

- 1. Objetivo N°4:** Diseñar alternativas de mejoras para el proceso “Revestimiento” de tubos de grandes diámetros.

A partir de las metodologías empleadas en el capítulo anterior se lograron identificar las posibles causas que generan desperdicios en el proceso “Revestimiento”, entre otras áreas de oportunidad que dieron razón al diseño de las distintas propuestas.

1.1. Título de la propuesta

Mejoras para las operaciones del proceso “Revestimiento” de tuberías de grandes diámetros, de una empresa manufacturera ubicada en Barcelona, Estado Anzoátegui.

1.2. Objetivo de la propuesta

Aumentar la productividad del proceso “Revestimiento” y tomar acciones correctivas para la disminución de costos relacionados con desperdicios generados durante el proceso.

1.3. Justificación de la propuesta

El proceso “Revestimiento” con pintura FBE actualmente opera con una capacidad efectiva neta (1.560.000 m² por año) que se considera que no es la indicada para atender la demanda que ha requerido PDVSA Industrial los últimos años para cubrir con sus proyectos a nivel nacional.

Es por ello que la PGJAA tiene la necesidad de enfocar sus esfuerzos y recursos en el mejoramiento de todas las operaciones que conforman el proceso “Revestimiento”, mediante la evaluación e implementación de propuestas que le

permitan mejorar su productividad, una vez identificados los desperdicios que la afectan y de esta manera colocarla como empresa líder en cuanto a procesos de revestimiento de tuberías a nivel nacional se refiere, atendiendo de manera eficiente los requerimientos de su casa matriz y a su vez principal cliente PDVSA Industrial.

En cuanto al desperdicio asociado al transporte de tuberías:

La presente propuesta está focalizada básicamente en la reducción de tiempos implementados en el traslado de tuberías de la línea de limpieza a la línea de revestimiento, el cual se logró determinar que es de 45 segundos (por medio de observación directa) debido a que ambas líneas se encuentran a una cierta distancia de separación y ubicadas de manera paralela.

Por esta razón los investigadores visualizan una oportunidad de mejora al proceso “Revestimiento”, en cuanto a la disminución del desperdicio mencionado anteriormente, proponiendo lo siguiente:

- Re-ubicar ambas líneas productivas de forma tal que al finalizar las operaciones de inspección de limpieza de las tuberías comience inmediatamente la línea de revestimiento, sin necesidad de hacer un traslado mediante rodillos de transporte.

En cuanto al exceso de humedad en el medio ambiente:

Actualmente los requerimientos por parte del cliente exigen que las tuberías al momento de entrar al granallado tengan una temperatura específica y que estén completamente libres de humedad, por lo que se hace conveniente en ocasiones, especialmente en época de lluvia contar con un espacio cerrado y así de este modo se garantiza que durante días lluviosos o con humedad mayor a 65% (parámetros establecidos por PGJAA) se pueda revestir.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total del año
Lluvias (mm)	7	3	2	8	48	105	119	121	84	59	44	24	624
Días de lluvias (≥ 1.0 mm)	1.3	0.5	0.5	1.2	4.7	10.8	12.7	12.7	9.4	7.4	5.8	3.6	70.6

Tabla 12: Parámetros climáticos promedios de Barcelona Edo. Anzoátegui
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH).

En vista de los resultados obtenidos en la tabla anterior se logró verificar que durante el año se tendrán aproximadamente 71 días de lluvia, esto sin incluir aquellos días donde la humedad pueda sobrepasar el límite mencionado anteriormente. Por lo tanto durante este período no va a ser posible realizar revestimiento a las tuberías, esto trae como consecuencia ingresos dejados de percibir, paradas forzosas en la línea, costos asociados a inventarios de tuberías por procesar, incumplimiento con las fechas de entrega establecidas por el cliente, generando poca satisfacción en la calidad del servicio ofrecido.

Para solventar el presente inconveniente se propone lo siguiente:

- Levantamiento de paredes alrededor de la estructura donde se lleva a cabo el proceso “Revestimiento”, haciendo del sitio un espacio cerrado, obteniendo de esta manera un ambiente con índices de humedad controlables, ajustándolos a los parámetros exigidos por cada proyecto.

Junto a eso, es necesario también la colocación de extractores a lo largo de la estructura y la adquisición de medidores de humedad para reemplazar a los que actualmente se cuentan.

En cuanto a la recepción de tuberías no estandarizadas

En la actualidad, la PGJAA cuenta con tres máquinas formadoras en su línea de fabricación de tuberías, dichas máquinas elaboran las tuberías creándoles una costura helicoidal la cual dependiendo de la máquina puede ir en sentidos opuestos. Por lo tanto, en el momento que se solicitan las tuberías para cubrir los proyectos de revestimiento, el encargado principal (Jefe de Revestimiento) deberá estar alerta a que las distintas tuberías presenten el mismo sentido en su cordón.

Él opta por detener la línea en caso de detectar alguna tubería con sentido del cordón diferente al resto que va a ser revestida ya que el revestimiento no será eficiente en la cabina de FBE, debido a que las pistolas con las cuales se inyecta el polvo están ajustadas para cubrir costuras en un solo sentido únicamente. En caso de no detectar que la tubería posee el sentido del cordón diferente a las demás, se verá en la necesidad de llevarla a la línea de re-proceso, incurriendo en costos adicionales y demoras en las entregas.

La fábrica hoy en día maneja un indicador de re-proceso que no debe exceder el 10% por proyecto, debido al inconveniente mencionado en ocasiones se han visto sus registros por encima a lo permitido por ese indicador.

Por todo lo anteriormente mencionado, los investigadores proponen:

- Diseñar etiquetas con información relacionada a las características de la tubería para la identificación de las mismas y así poder diferenciar los sentidos que presenta el cordón entre otros aspectos. Adicionalmente las tuberías que necesiten reproceso se les colocará una etiqueta con una señalización específica para diferenciarlas de las que quedaron correctamente revestidas.

Dichas etiquetas de identificación pueden ser elaboradas por pasantes de ingeniería industrial, aprovechando sus conocimientos en la detección de deficiencias asociadas a la comunicación y el requerimiento de recursos entre el área de fabricación de tuberías (no se encuentra contemplada dentro del alcance

del estudio) y el área de revestimiento, ya que se pudo apreciar que no existe un mecanismo de control eficiente en ese punto.

Es importante destacar que la elaboración de las etiquetas de identificación de tuberías promoverá la disminución en costos incurridos por el re-proceso al que se debe someter cada pedido, disminuyendo de esta manera el desperdicio causado por los defectos generados en el proceso, lo que llevará a aumentar la productividad de las líneas y ser más eficiente en los tiempos de entrega de pedidos.

En cuanto al turno del mantenimiento

La presente propuesta va dirigida esencialmente al Departamento de Mantenimiento, debido a que realizan sus actividades a las líneas de limpieza y revestimiento todos los lunes en el primer turno de trabajo.

Se determinó que el tipo de mantenimiento que se lleva a cabo en las líneas es preventivo del tipo sistemático el cual está definido “como aquellas actividades que tienen una frecuencia determinada y se debe ejecutar mediante órdenes continuas e indicadas con el suficiente antelación para el manejo de la organización de trabajo” (Ribis, 2013, Mantenimiento, Láminas de clase).

Los investigadores consideramos que el tipo de mantenimiento que se realiza es el adecuado, el inconveniente radica básicamente en el momento en que se efectúa, el cual está planificado para hacerse todos los lunes durante el primer turno de trabajo de la fábrica, esto afecta la productividad de la misma ya que se invierte tiempo de la jornada laboral en actividades que no están relacionadas a la producción de revestimiento de tuberías.

Por esta razón, los investigadores proponen a la fábrica lo siguiente:

- Cambiar el turno de mantenimiento preventivo del tipo sistemático a los días sábados, incurriendo en costos adicionales de mano de obra del personal de mantenimiento pero a su vez generando beneficios

relacionados a las tuberías que se pueden revestir durante la jornada en la que se lleva a cabo el mantenimiento actual de las máquinas y equipos, donde las mismas lógicamente están detenidas.

Es importante destacar que el cambio de la jornada generará un aumento en la producción de las líneas al ser utilizadas a su máxima capacidad durante tres turnos diariamente, sin dejar a un lado el mantenimiento que las mismas requieren como inspecciones, chequeos, lubricación, entre otros.

2. Objetivo N° 5: Analizar técnica y económicamente la factibilidad de las mejoras propuestas

En cuanto al desperdicio asociado al transporte de tuberías

En la siguiente tabla se muestra el aumento de la producción diaria en unidades (tubos revestidos) y el aumento en porcentaje de la productividad en caso de realizar la propuesta:

	Revestimiento diario(Tub/Día)	Revestimiento diario (H/Tub)	Transporte entre líneas (Seg/ Tub)	Transporte entre líneas (H/Tub)	Aumento en la producción diaria	% Aumento en la Productividad
Situación Actual	64	0,375	45	0,0125	N/A	N/A
Propuesta	66	0,363	0	0	2	3,45

*Tabla 13: Eliminación de desperdicios asociados al transporte.
Fuente: Elaboración propia.*

Como se puede observar en la tabla anterior, disminuyendo al máximo el tiempo invertido en transporte empleado entre la línea de limpieza y la de revestimiento haciendo de estas dos una sola línea continua (tal como se describe en el capítulo anterior), se podrá aumentar la producción a dos tuberías adicionales por día, lo que equivale a un aumento del 3,45% en la productividad.

En cuanto a la presencia de humedad en el medio ambiente

Para el análisis de la presente propuesta se asume que cada mes está conformado por 30 días y posee 4 fines de semana, además basados en un

escenario pesimista en el cual la lluvia cae solo los fines de semana y luego si no hay fines de semana restante caerá durante la semana, quedando de este modo durante todo el año únicamente 4 meses que superan 8 días con lluvia. (Ver tabla N° 12).

A continuación se presenta en la siguiente tabla los días los cuales la PGJAA no puede revestir debido a la lluvia:

	Meses con más de 8 días de lluvia					Revestimiento diario (Tub/Día)	Tuberías que se dejan sin revestir
	JUN	AGO	SEP	OCT	Total		
Tomando en cuenta fines de semana	10,8	12,7	12,7	9,4	45,6	64	870
Sin tomar en cuenta fines de semana	2,8	4,7	4,7	1,4	13,6		

*Tabla 14: Unidades de tuberías en los cuales la PGJAA no puede revestir por la lluvia.
Fuente: Elaboración propia.*

En la tabla anterior puede observarse que en el escenario más desfavorable para esta propuesta, transcurren 13,6 días de lluvia que caen día de semana durante el año, lo que significa que la PGJAA está dejando de revestir 870 tuberías, es decir 10.540 metros lineales.

Cabe destacar que para la cuantificación económica de la presente propuesta no se tomó en consideración los días en los cuales la humedad relativa del medio ambiente es mayor al 65% (máximo permitido por los clientes para el revestimiento de tuberías) debido a que no hubo acceso a fuente de información confiable en cuanto a indicadores precisos de humedad relativa en el medio donde se lleva a cabo el proceso.

En cuanto a la estandarización de las tuberías

En la siguiente tabla puede observarse la disminución de tuberías reprocesadas en unidades junto al porcentaje en la que estas disminuyeron:

	Revestimiento semanal (Tub/Sem)	Reproceso esperado (%)	Tuberías reprocesadas	Disminución en el reproceso semanal	% Disminución en el reproceso	%Aumento en la productividad
Situación Actual	300	10	30	N/A	N/A	9
Propuesta	327	1	3	27	90,00	

*Tabla 15: Eliminación del desperdicio por reproceso.
Fuente: Elaboración propia.*

Actualmente la planta cuenta con un indicador de re-proceso de tuberías, (tuberías con defectos por encima de los permitidos por el cliente) el cual por estrategias directivas no puede exceder el 10% mensual, a causa de que no tienen una correcta recepción de tuberías donde las mismas estén estandarizadas según el sentido de su costura, dicho indicador se ve superado del límite permitido (dato suministrado mediante entrevista no estructurada con el gerente del área, no se permitió el acceso al registro histórico del indicador).

Con la presente propuesta el indicador de re-proceso puede bajar hasta al 1% debido a que se debe tomar en consideración que las máquinas pueden presentar en ocasiones alguna falla y las mismas tienen un margen de error establecido (la fábrica no facilitó el acceso al registro de re-proceso a causa de fallas).

En cuanto al turno del mantenimiento

En la tabla siguiente se muestra el aumento de la producción semanal en unidades (tubos revestidos) y el aumento porcentual de la productividad en caso de realizar la propuesta:

	Revestimiento los Lunes (Tub/Día)	Revestimiento resto de los días (Tub/Día)	Revestimiento semanal (Tub/Sem)	Aumento en la producción semanal	% Aumento en la Productividad
Situación Actual	43	64	299	N/A	N/A
Propuesta	64	64	320	21	7,02

*Tabla 16: Cambio del turno de mantenimiento a los sábados.
Fuente: Elaboración propia*

Como puede observarse en la tabla anterior, debido a que el mantenimiento es realizado en el primer turno del día lunes, la PGJAA solo logra revestir 43 tubos ese día, mientras que si se lleva a cabo la propuesta de ajustar el cronograma y efectuar el mantenimiento preventivo respectivo de las máquinas y equipos a los días sábados en la mañana, la PGJAA logrará revestir 21 tuberías adicionales durante ese mismo día, lo que equivale a un aumento del 7,02% en su productividad.

En cuanto a considerar todas las propuestas en conjunto

En la siguiente tabla puede observarse en cuanto se incrementa el revestimiento anual, el porcentaje de aumento en la productividad, la demanda actual de la PGJAA, la demanda sin satisfacer y el porcentaje de demanda que no es satisfecha si se toman en consideración todas las propuestas:

	Revestimiento anual (km)	Capacidad efectiva neta	% Aumento en la productividad	Demanda Anual (km)	Demanda sin satisfacer (km)	% Demanda sin satisfacer
Situación Actual	522,91	1560000	N/A	700	177,09	25,30
Propuesta	651,96	1945000	24,68		48,04	6,86

Tabla 17: Comparación de la situación actual vs las propuestas en relación a la demanda no satisfecha
Fuente: Elaboración propia

Actualmente la PGJAA recubre 522,91 km lineales de tuberías al año, cuando su demanda actual es de 700 km, por lo tanto la planta tiene un déficit de 177,09 km lo que equivale al 25,3 % de la demanda.

Si se llevan a cabo todas las propuestas mencionadas con anterioridad la planta aumentaría su productividad en un 24,68%, lo que equivale a revestir 651,96 km de tuberías (129,05 km adicionales); esto traería como consecuencia que la demanda sin satisfacer pasaría a ser 48,04 km, lo que equivale a menos del 7% de la demanda actual.

3. Propuesta adicional

Diseño de indicadores de desempeño de operarios

El indicador de desempeño deberá tomar en cuenta la eficiencia en términos de productividad del operador, la calidad de su trabajo, la disminución de desperdicios y el cumplimiento de los tiempos establecidos con la finalidad de llevar un mejor control del proceso y los recursos que en el interviene. Para ello, se plantea el diseño y la implementación de un indicador que mida que tan bueno, o no, fue el trabajo realizado en el área de revestimiento en un periodo de tiempo determinado.

La propuesta del indicador no está orientada en crear amonestaciones al personal del proceso ya que puede generar descontento en ellos y a su vez una disminución de su productividad, lo que se busca más bien es llevar un control de calidad en el trabajo que realiza cada operador durante el revestimiento de tuberías.

Actualmente la fábrica no lleva un registro con dicha información. Es importante señalar que dicha propuesta está focalizada básicamente en este punto ya que la fábrica realiza un correcto seguimiento de su proceso mediante la utilización de indicadores que los ayudan a determinar y controlar los desperdicios de materia prima, recursos, etc.

4. Factibilidad técnica de la propuesta

A continuación se presenta una tabla donde se analizan las propuestas antes mencionadas en términos de costos y beneficios.

Propuesta	Costos	Beneficios
En cuanto al desperdicio asociado al transporte de tuberías	No se pudo determinar debido al acceso limitado a la información del costo por hora-hombre (HH) de los empleados y pesos de las diferentes máquinas.	Reducción de desperdicios asociados a transporte. Reducción de 45 segundos por cada tubería a revestir. Mejoras en el proceso a nivel de seguridad. Se generará un aumento de 2 tuberías por día de producción.
En cuanto a la presencia de humedad en el medio ambiente	1.703.400 Bsf	Disminución de paradas no planificadas Generar un proceso independiente a cambios climáticos
En cuanto a la estandarización en la recepción de tuberías	10 Bsf Etiqueta/Tubería	Mejor control de las tuberías a revestir. Ahorro de tiempo de trabajo al Jefe de Revestimiento. Evitar paradas no planificadas a causa de tuberías con costuras diferentes. Disminución del indicador de re-proceso en menos del 10%.
En cuanto al turno de mantenimiento	Dos veces el sueldo básico del personal de mantenimiento	Aumento de la productividad del proceso. Se generará un aumento de 21 tuberías semanales.

*Tabla 18: Análisis Costo-Beneficio de las propuestas.
Fuente: Elaboración propia en base a los datos tomados*

Cabe destacar que no se pudo determinar en su totalidad la relación costo-beneficio de las propuestas planteadas debido a que los valores de facturación por tubería entregada o metros lineales de tubería revestida son considerados estrictamente confidenciales para la planta. Los costos suministrados son una simple referencia debido a la constante variación de los mismos.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se caracterizaron todas las operaciones involucradas en el proceso “Revestimiento” de la fábrica PGJAA.
- A través de técnicas de recolección y análisis de data tales como la aplicación de diagramas Causa-Efecto, observación directa, entrevistas no estructuradas y revisión de documentos se determinó que las dos causas más relevantes en cuanto a la baja productividad de ambas líneas es la falta de estandarización en la recepción de tuberías y los transportes que no generan valor al proceso.
- Se propuso una mejora en cuanto al diseño de la estructura donde se lleva a cabo el proceso exclusivamente, de manera que el índice de humedad relativa diaria disminuyera considerablemente, haciendo de este modo que el proceso sea más independiente del factor climático. Sin embargo el estudio no fue lo suficientemente específico por razones académicas y no contempla todos los costos a los que es posible incurrir asociados al diseño y construcción de la estructura.
- Se planteó la contratación de un pasante de Ingeniería Industrial para el diseño y elaboración de las etiquetas de identificación de tuberías, aprovechando de esta manera sus conocimientos para el reconocimiento de fallas adicionales durante la recepción de tuberías.
- Se propuso una re-distribución en la línea de limpieza y revestimiento, con el fin de eliminar el transporte de tuberías entre ellas, aumentando a 2 tuberías por día la productividad del proceso, traduciéndose de este modo a un aumento del 3,45%. No se tuvo acceso a los costos que se puedan generar por la re-ubicación de los equipos.

Recomendaciones

- Implantar las propuestas generadas a partir del estudio de la situación actual del proceso “Revestimiento”.
- Llevar a cabo un control más exhaustivo a las fallas registradas por los equipos que se utilizan en el proceso “Revestimiento”, debido a que actualmente no se tiene un registro en el cual se refleje dicha información, esto proporcionará un indicador que servirá para tomar medidas preventivas para evitar las fallas más comunes.
- Establecer mesas de trabajo para definir el número de operarios que en verdad son necesarios tener en el proceso “Revestimiento”, sincerando sus labores y la importancia de la misma, para de este modo colocarlos en otros puestos donde se pueda aprovechar mejor el recurso.
- Hacer un estudio más exhaustivo con el cual se pueda analizar desde un punto de vista técnico y económico la construcción de un túnel de pintura.
- Determinar la factibilidad de un proyecto de construcción de un sistema de pintura de electrodeposición mediante un análisis técnico-económico.
- Actualizar los manuales de procedimientos de la planta, ya que al momento de recibir una auditoria por parte del ente certificador la fábrica seguramente recibirá observaciones negativas en este aspecto, generando no conformidad, e incluso podrían perder la certificación.
- Implementar la metodología de las 5'S, para ello es necesario la contratación de un personal calificado en el diseño y la implementación de dicho modelo (empresas consultoras) que seguramente traerá beneficios desde el punto de vista de productividad en el revestimiento.
- Realizar entrevistas a todos los operadores que intervienen en el proceso “Revestimiento”, con la finalidad de conocer sus opiniones acerca del desarrollo del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvira, M (1996). *Los dos métodos de las ciencias sociales*. España: Centro de Investigaciones Sociológicas.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas: EPISTEME, C.A.

Borges, I. (2007). *Evaluación de la puesta en marcha del proceso de revestimiento externo en tuberías de costura helicoidal de distintos diámetros*. Puerto la Cruz: Trabajo Especial de Grado UDO.

Carballo, F. y Lima, A. (2009). *Diseño de un plan de mejoras para la reducción de los desperdicios asociados al proceso de fabricación de chocolates de consumo masivo*. Caracas. Trabajo Especial de Grado. Ucab.

Castreje, M. y Machiste O. (2013). *Desarrollo de propuestas de mejora para los procesos y operaciones del departamento de atención al cliente, de una empresa de consumo masivo, ubicada en Caracas*. Caracas. Trabajo Especial de Grado. Ucab.

Chang, R (1999). *Las herramientas para la mejora continua de la calidad*. Argentina: Ediciones Granica

Díaz Matalobos, A. (1999). *Gerencia de Inventarios*. Caracas: Ediciones IESA.

Dubs de Moya, R (2002). *El proyecto factible: una modalidad de investigación*. Caracas: Sapiens

Henderson B. y Larco J. (1999). *Transformación Lean: Cómo cambiar su negocio a una empresa Lean*. Estados Unidos: Ediciones Oaklea.

Hernández, R; Fernández, C y Baptista, P (2006) *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw-Hill Interamericana, S.A.

Hurtado de Barrera, J (2008). *Metodología de la investigación, una comprensión holística*. Caracas: Ediciones Quirión.

Méndez, C (2001). *Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación*. Colombia: Mc Graw-Hill.

Niebel, B.W y Freivalds, A. (2004). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Editorial Alfaomega.

Sabino, C (1994). *Como hacer una tesis*. Caracas: Editorial Panapo.

Sacristán, F (2005). *Las 5S Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. España: FC Editorial.

Summers, D (2006). *Administración de la calidad*. México: Pearson Educación.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

Beas, J. (2012). *Eficiencia*. Recuperado en Julio de 2013 de dirección y management: www.rrhhmagazine.com

Business Solutions Consulting Group (2013). *Productividad*. Recuperado en Agosto de 2013 de productividad: www.bscgla.com

Hempel's Marine Paints (2013). *Resina epóxica*. Recuperado en Julio de 2013 de productos: www.hempels.es

Mejía, C. (1998). *Eficacia*. Recuperado en Agosto de 2013 de Indicadores de efectividad y eficacia: <http://www.planning.com.co/bd/archivos/Octubre1998.pdf>

Wyngaard, G. (2013). *Productividad*. Recuperado en Septiembre de 2013 de productividad: <http://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/3161/M%C3%B3dulo%204%20-%20Producci%C3%B3n.pdf>