

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA ALMACENAMIENTO E  
INSTALACIÓN DE TUBERÍA COMPUESTA FLEXIBLE USADA EN LA  
INDUSTRIA PETROLERA**

**EVELID PEINADO QUESADA  
DIANA KATHERYNNE SIERRA HERRERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
BUCARAMANGA**

**2013**

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA ALMACENAMIENTO E  
INSTALACIÓN DE TUBERÍA COMPUESTA FLEXIBLE USADA EN LA  
INDUSTRIA PETROLERA**

**EVELID PEINADO QUESADA  
DIANA KATHERYNNE SIERRA HERRERA**

**Trabajo de grado, presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Metalúrgico.**

**DIRECTORA:  
MsC. LUZ AMPARO QUINTERO ORTIZ**

**Co-Director:  
ING. JAVIER RICARDO ARCINIEGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
BUCARAMANGA**

**2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Industrial de Santander por permitirnos ser parte de su familia universitaria y ayudarnos a crecer en conocimiento y espíritu.

Agradecemos enormemente al Ing. Jesús Machuca y a los integrantes del campo La Cira Infantas, por proporcionarnos información valiosa y brindarnos la colaboración incondicional durante la visita, la cual fue indispensable para este proyecto.

A nuestra directora de proyecto, M. Sc. Luz Amparo Quintero Ortiz y codirector Ing. Javier Ricardo Arciniegas por compartirnos sus conocimientos para el desarrollo de esta investigación y para nuestro futuro.

A la señorita Andrea Pabón por su espíritu colaborador lo cual se lo agradecemos enormemente.

A la escuela de Ingeniería Metalúrgica por ser guía y ayuda en el desarrollo de nuestra carrera; de igual forma a los técnicos: Ambrosio Carrillo, Mario Navarrete, Juan Domingo, Javier Quintana por su disposición, paciencia y colaboración durante toda esta etapa.

## DEDICATORIA

*Primero y ante todo dedico a mi Dios y a la Virgen por ser mi camino y mi guía.*

*A mis padres, Heber Peinado y Lida Quesada, por darme la vida, por su ejemplo, dedicación, confianza, consejos, esfuerzos y valores inculcados, por su apoyo total e incondicional que me ha permitido alcanzar propósitos, sueños y metas, especialmente el título de Ingeniera Metalúrgica.*

*A mi hermanas, que las amo por encima de todas las cosas.*

*A mi mejor amigo Gilberto Suarez, por su presencia, paciencia, tolerancia y apoyo incondicional.*

*A mi compañerita y amiga Diana Sierra, por su amistad, alegría, apoyo, dedicación y esfuerzo para sacar adelante nuestro proyecto.*

*Y por último y no menos importantes dedico esto a personas que de una u otra manera estuvieron junto a mí en el desarrollo de esta etapa de mi vida: a mí Guerrera, Camiru, Anita, Jula, Natha, Yury, Wendy, Nain, Heyler, Vásquez, Fabian, Jefferson, Harp, Hugo, Nelson y Darío santos por brindarme su verdadera amistad, por su lealtad, apoyo y cariño.*

*Evelid Peinado*

## DEDICATORIA

*Este logro primero que todo lo agradezco a Dios por darme la salud, fuerza y fortaleza guiándome por el mejor camino para culminar esta etapa tan impórtate en mi vida.*

*A mi madre, MARILÚ HERRERA por ser tan comprensiva, tolerante, cariñosa y porque siempre está a mi lado apoyándome y enseñándome a ser mejor persona cada día.*

*A mi padre, HERNANDO SIERRA, por enseñarme a tener un carácter fuerte en todo momento y no desistir cuando se presentan tropiezos.*

*Al amor de mi vida, por su comprensión, tolerancia, cariño, confianza, Amor y compañía incondicional porque a pesar de conocer mi peor versión nunca dudó en seguir a mi lado y siempre está apoyándome y haciéndome cada día la mujer más Feliz del mundo, TE amo CARLOS TELLEZ.*

*A mi compañera de proyecto y amiga Evelid Peinado Quesada porque con su compañía, apoyo y tolerancia pudimos hacer realidad este sueño compartido de ser Ingenieras.*

*A mis amigos por su compañía, su amistad durante toda mi vida por brindarme apoyo y cariño, por estar en las buenas y en los momentos difíciles que he pasado especialmente DIEGO FERNANDO ORTIZ, Silvia Juliana Sánchez, Rosy Natalia Gutiérrez, Yesenia Liceth Piedrahita y Camilo Zapata.*

*A mis amigos Camila Rueda, Fabián Quesada, Natali Catañeda y compañeros de la universidad, porque compartimos muchos experiencias y juntos fuimos creciendo en esta etapa tan significativa y enriquecedora.*

*Diana Katherynne Sierra Herrera*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	15
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	18
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2 OBJETIVOS .....	20
1.2.1 Objetivo general .....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
2. MARCO CONCEPTUAL.....	21
2.1 TUBERIAS PLÁSTICAS.....	21
2.2 CAUSAS DE FALLA.....	22
2.2.1 El almacenamiento inapropiado, el transporte y la instalación.....	22
2.3 TIPOS DE FALLA.....	23
2.4 NORMATIVA RELACIONADA CON EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE TUBERÍA COMPUESTA FLEXIBLE.....	24
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	27
3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	28
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS FALLAS TÍPICAS Y CAUSAS ASOCIADAS...28	
3.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PROCESOS EN UN CAMPO PETROLERO.....	29
3.3.1 Revisión y análisis de los procesos in-situ.....	29
3.3.2 Identificación de situaciones críticas .....	30
3.4 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA.....	30
3.4.1 Elaboración del procedimiento.....	30
3.4.2 Revisión del procedimiento a cargo de personal especializado.....	30
3.4.3 Elaboración de la propuesta final.....	31
3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	31
3.6 INFORME FINAL .....	31
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	32
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS FALLAS TÍPICAS Y CAUSAS ASOCIADAS...32	
4.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PROCESOS EN UN CAMPO PETROLERO.....	36
4.2.1 Revisión y análisis de los procesos in-situ.....	36
4.2.2 Identificación de situaciones críticas .....	42
4.3 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA.....	42
4.3.1 Elaboración del procedimiento.....	43
4.3.2 Revisión del procedimiento a cargo de personal especializado.....	43

4.3.3 Elaboración de la propuesta final. ....	44
4.3.3.1 PROCEDIMIENTOS PARA ALMACENAMIENTO E INSTALACIÓN. ....	44
A. PROCEDIMIENTO PARA ALMACENAMIENTO .....	49
B. PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE .....	56
C. PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN .....	60
5. CONCLUSIONES .....	66
6. RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	72

## Lista de tablas

Tabla 1. Propiedades principales de las capas en tubería compuesta flexible. ....	20
Tabla 2. Normativa relacionada con el diseño, construcción y mantenimiento de tubería compuesta flexible. ....	22
Tabla 3: Información de los sistemas aplicables a la presente investigación. ....	26
Tabla 4: Clasificación de los daños típicos en la tubería compuesta flexible. ....	32
Tabla 5: Especificaciones de la tubería instalada en el campo. ....	36
Tabla 6: Resultados y análisis de los hallazgos encontrados en la visita. ....	37
Tabla 7: Identificación de las situaciones críticas .....	42
Tabla 8: Recopilación de recomendaciones aplicables a los procedimientos. ....	43
Tabla 9: Tabla de las especificaciones de la tubería a la cual son aplicables los procedimientos. ....	45
Tabla 10: Estándares de diseño para tubería compuesta flexible. ....	49
Tabla 11: Métodos para realizar el izaje. ....	56
Tabla 12: Radios mínimos de las tuberías. ....	61
Tabla 13: Métodos para realizar el halado de la tubería .....	62

## Lista de figuras

Figura 1: Representación de una tubería metálica enrollable.....	21
Figura 2: Posibles modos de falla en sistemas de tuberías plásticas. ....	23
Figura 3: Metodología usada para la presente investigación.....	27
Figura 4: Flujograma para recepción .....	52
Figura 5: Flujograma para almacenamiento de tubería .....	54
Figura 6: Flujograma para transporte.....	58
Figura 7: Dimensiones de la zanja.....	60
Figura 8: Flujograma para instalación.....	64

## Lista de anexos

Anexo A : Formato lista de chequeo .....	72
Anexo B : Formato encuesta .....	76
Anexo C : Propuesta “Instructivo para realización de prueba hidrostática” .....	77

## RESUMEN

**TITULO: PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA ALMACENAMIENTO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA COMPUESTA FLEXIBLE USADA EN LA INDUSTRIA PETROLERA<sup>1</sup>**

**AUTORES: SIERRA HERRERA, Diana Katherynne. PEINADO QUESADA, Evelid\*\***

**PALABRAS CLAVES:** Almacenamiento, Tubería compuesta flexible, Instalación, Zanja, Relleno, Carretes.

**RESUMEN:** La industria petrolera es una de las mayores consumidoras de tubería para realizar los diferentes procesos para la extracción, manipulación y transporte de hidrocarburos, en Colombia existen grandes cantidades de tubería metálica enterrada, las cuales han venido siendo remplazadas debido a la presencia de corrosión que las afectan por una nueva tecnología de tubería compuesta flexible.

Dicha tubería brinda mayores beneficios en cuanto a facilidad de manejo, almacenamiento, instalación y economía en su mantenimiento entre otras, y a diferencia de la tubería metálica, su embalaje es enrollable en carretes con amplia capacidad de tubería, con un sistema multicapa el cual brinda excelente resistencia mecánica además de resistencia a la corrosión. A pesar de presentar mayores ventajas en comparación con la tubería metálica, esta tubería puede sufrir alteraciones que repercuten en su buen funcionamiento debido a que no se tiene un completo conocimiento de su adecuado manejo.

Para llevar a cabo el trabajo se tomó como referencia un campo petrolero, donde se encuentra implementado este tipo de tubería.

Por tal razón en el presente trabajo se presentara una propuesta que incluye pautas y recomendaciones que se deben realizar en procesos de almacenamiento, transporte e instalación los cuales cumplen un papel importante en la preservación de su integridad antes, durante y después de puesta en uso.

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, Directora: Ms.c Luz Amparo Quintero Ortiz.

## ABSTRACT

**TITLE: PROPOSAL OF A METHODOLOGY FOR STORAGE AND INSTALLATION OF FLEXIBLE COMPOSITE PIPE USED IN PETROLEUM INDUSTRY<sup>\*</sup>**

**AUTHORS: SIERRA HERRERA, Diana Katherynne. PEINADO QUESADA Evelid<sup>\*\*</sup>**

**KEY WORDS:** Storage, Lifting, Transportation, Installation, Ditch, Fill, Reels, Lanyards.

**DESCRIPTION:** The oil industry is one of the largest consumers of tubing to perform different processes for the extraction, handling and transport of hydrocarbons, in Colombia there exist a large quantity of metal pipe that has been buried, which have been being replaced due to the presence of corrosion that affect by a new technology of flexible composite pipe.

This pipe provides the greatest benefits in terms of ease of use, storage, installation and economy in its maintenance among others, in contrast the metal pipe, their packaging is rolling on spools with ample pipeline with a multilayer system which provides excellent mechanical strength besides corrosion resistance. In spite of presenting major advantages over metal pipe, this pipe can undergo alterations that affect their functioning because they do not have a complete knowledge of the proper handling.

To carry out the work was taken as reference an oil field, where it is implemented this type of pipe.

For this reason in this paper we present a proposal that includes guidelines and recommendations that should be made in the process of storage, transport and installation of which play an important role in the preservation of its integrity before, during and after put into use.

---

<sup>\*</sup> Work of Degree

<sup>\*\*</sup> Faculty of Physicochemical Engineering School of Metallurgical Engineering and Science of Materials.  
Directora: Ms.c Luz Amparo Quintero Ortiz.

## INTRODUCCIÓN

Grandes kilómetros de tubería metálica se requieren para el transporte de hidrocarburos y otros líquidos de ingeniería, sin embargo existe una tubería que se está destacando en las últimas décadas, y con el paso del tiempo ha venido revolucionando al mundo, aportando innovación ilimitada. La tubería compuesta flexible es ampliamente usada en la industria petrolera y sin duda ha venido dejando huella, debido a su excelente rendimiento, su fácil manejo y la combinación de muy buenas propiedades ingenieriles (4). No obstante, durante su almacenamiento e instalación, puede sufrir alteraciones, impidiendo su buen desempeño y reduciendo su vida en servicio, por ende es importante revisar, analizar y evaluar las actividades realizadas en estas etapas para obtener una información detallada de ellas, evaluarlas y tomar las medidas pertinentes que garantice el buen funcionamiento de la tubería.

Por otra parte es importante destacar que los manuales que contemplan los procedimientos son guías que nos permiten mediante pautas y recomendaciones, realizar los procesos de una manera adecuada, brindando a la tubería una debida protección y a la vez logrando la conservación de la integridad; lo que los convierte en una herramienta esencial y eficaz.

Por lo tanto esta investigación parte de revisar el estado del arte del manejo de las tuberías compuestas flexibles, se hace reconocimiento de los daños presentes en estas, así como las posibles causas que los provocan, y se evalúa el desarrollo de los procesos relacionados con el almacenamiento e instalación en el campo de producción La Cira-Infantas. Con la información obtenida se plantearon procedimientos específicos con información esencial para las etapas indicadas y se presentan recomendaciones que brindaran apoyo al manejo adecuado de la tubería, con esto se pretende contribuir con la ejecución de mejores prácticas no destructivas para el desarrollo de los procesos que involucran almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible.

## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La tubería metálica utilizada en la industria petrolera para el transporte de hidrocarburos es propensa a daños y fallas que ocasionalmente generan pérdidas económicas, afectaciones ambientales y pérdidas humanas. En su mayoría estas fallas son causadas por las altas velocidades de corrosión que estas tuberías presentan.

En Colombia Ecopetrol realizó un estudio sobre los costos de la corrosión en la época de los años 90, y concluyó que sin tener en cuenta el sector petrolero y de petroquímica eran estos del orden del 1,3% del PIB. En ese momento se hablaba de aproximadamente US\$1.300 millones. Hoy estos costos se acercan a un 3% del PIB, correspondientes a US\$8.500 millones (3).

Por lo anterior, estas tuberías se han venido reemplazando por una nueva tubería no metálica flexible de alta resistencia con un sistema de multicapas, fabricadas en longitudes continuas para su almacenaje, transporte e instalación. Estas en su estructura constan de una capa interna resistente a la corrosión, de baja permeabilidad seguida de una capa intermedia de refuerzo no metálico que le proporciona su capacidad estructural de carga y una capa externa que le brinda resistencia a la abrasión (1). Esta nueva tubería se ha venido convirtiendo en una nueva alternativa para la industria, pues brinda características tales como una instalación fácil, ágil y económica, buena resistencia mecánica y a la corrosión interna y externa y menores pérdidas de presión, (5). Adicionalmente, es un avance para la industria petrolera pues incita a la aplicación de nuevas tecnologías en materiales.

En Colombia dichas tuberías se implementaron de forma espontánea como rápido remedio frente a la gran presencia de diversos daños en la tubería metálica y elevados costos por los inconvenientes generados en las diferentes etapas de

producción en el campo petrolero. Debido a la necesidad urgente de disminuir los problemas de las altas velocidades de corrosión no se establecieron procedimientos específicos para el control de cada una de las etapas necesarias para la implementación de esta nueva tecnología.

Como consecuencia de lo anterior, la tubería no metálica de alta resistencia, pese a sus múltiples ventajas, presentó en el campo fallas tempranas como fugas no controladas de crudo, generando con esto incidentes ambientales, interrupciones en los procesos de operación y producción, así como altos costos asociados a reparaciones.

Es importante resaltar que la ausencia de procedimientos estandarizados, factores de orden técnico y desconocimiento del manejo de la nueva tecnología también podrían ser factores críticos generadores de falla.

Por todo lo anterior, es necesario buscar alternativas para el estudio de estas fallas y sus causas teniendo en cuenta el proceso desde el almacenamiento hasta la instalación, con el fin de tomar las medidas preventivas que permitan minimizar los daños y desastres asociados a los procesos mencionados anteriormente.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende evaluar y proponer un procedimiento cuya función primordial sea la prevención de posibles daños o fallas en tubería no metálica flexible para uso de industria petrolera en las etapas de recepción, descarga, almacenamiento e instalación.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Proponer una metodología no destructiva para almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible usada en la industria petrolera.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analizar las fallas típicas y las posibles causas que se presentan en los procesos de almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible.
- Identificar las etapas críticas de los procesos de almacenamiento e instalación de la tubería en estudio llevadas a cabo en un campo petrolero.
- Establecer procedimientos no destructivos para el control de los procesos de almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

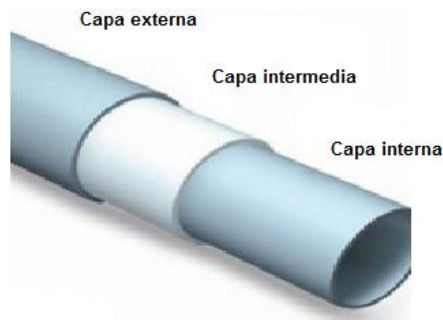
### 2.1 TUBERIAS PLÁSTICAS

Las tuberías de plástico contrarias a las metálicas son ligeras, durables, fáciles de conectar, resistentes a la corrosión, flexibles y fáciles de manejar.

En la actualidad se utilizan sistemas multicapa, los cuales generalmente constan de varias capas que influyen en su comportamiento y aplicabilidad y por tanto tienen diferentes funciones.

Una tubería de este tipo es la compuesta flexible, la cual se encuentra conformada por tres capas (ver figura 1) con diferentes propiedades las cuales brindan una gran variedad de ventajas como ser livianas, de gran resistencia mecánica, resistente a la corrosión interna y externa, resistencia química, instalación fácil, ágil y económica, en servicio no permite la adhesión de parafinas y no requiere de mantenimiento sofisticado (5).

**Figura 1:** Representación de una tubería metálica enrollable.



**Fuente:** Autores

Las anteriores ventajas se logran gracias a las características específicas que presentan las capas constitutivas de la tubería. A continuación se muestran las características principales de cada capa (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Propiedades principales de las capas en tubería compuesta flexible.

Revestimiento o capa interna	Revestimiento o capa intermedia	Revestimiento o capa externa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene el fluido transportado.</li> <li>• Resistente a la corrosión</li> <li>• Resistente a los hidrocarburos</li> <li>• Baja Permeabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envuelve la capa interior de contención que proporciona resistencia mecánica al conjunto.</li> <li>• Refuerzo en fibras.</li> <li>• Fibras trenzadas, resistencia a la presión.</li> <li>• Fibras longitudinales para capacidad de tensión.</li> <li>• Fibras de baja elongación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubierta de protección</li> <li>• Protege las fibras contra la abrasión.</li> <li>• Resistencia y protección a los medios.</li> </ul>

**Fuente:** Dalmolen, B. (2).

## 2.2 CAUSAS DE FALLA

Un sistema de tubería puede fallar debido a una gran variedad de causas. Estas pueden incluir errores de diseño, fallas en el material, la producción, la instalación, condiciones de servicio y factores del ambiente incluyendo cargas mecánicas, efectos térmicos, y agentes químicos y factores de vida útil (4)

Es de interés para la presente investigación hacer énfasis en las causas asociadas con los procesos de almacenamiento, transporte e instalación, debido a que gran número de fallas de las tuberías de plástico puede estar relacionado con una etapa de su vida temprana (4).

### 2.2.1 El almacenamiento inapropiado, el transporte y la instalación.

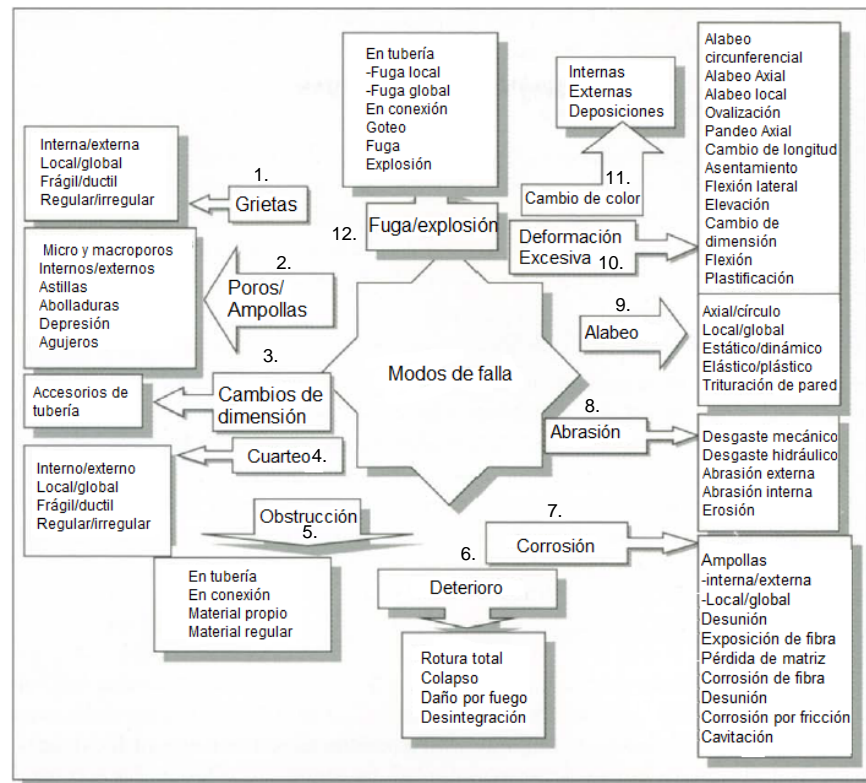
El almacenamiento inadecuado puede causar envejecimiento prematuro del material debido a los efectos UV así como daños por deformaciones en el tubo. Además, durante la fase de transporte, otros daños y deformaciones pueden presentarse. El papel de la correcta instalación del sistema de tuberías es también de suma importancia. El manejo inadecuado de la tubería durante la instalación, la conexión incorrecta y las condiciones impredecibles de carga son factores que pueden conducir a un fracaso temprano de los oleoductos. En el caso de tuberías enterradas, ciertos errores de instalación como daño por compactación

inadecuada, ropa de cama desigual, material de relleno inapropiado, malas conexiones y apoyos no compatibles, pueden dar lugar a deficiencias iniciales (5).

### 2.3 TIPOS DE FALLA

El evento de fallo en sí puede manifestarse en varios modos conocidos como los tipos de fallo. La figura 2 muestra una visión general de los diferentes modos de fallo y mecanismos relacionados con fallas. En una clasificación general, los tipos de fallo pueden ser divididos en las siguientes categorías: grietas, poros, cambios de dimensión, cuarteo, obstrucción, deterioro, corrosión, abrasión, alabeo deformación excesiva, cambio de color y fugas. Asociado a cada modo de fallo se indican algunas características relacionadas con la ubicación y forma en que se presenta.

**Figura 2:** Posibles modos de falla en sistemas de tuberías plásticas.



Fuente: M. Farshad. (5) .Pág.31

## 2.4 NORMATIVA RELACIONADA CON EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE TUBERÍA COMPUESTA FLEXIBLE

En la tabla 2 se presenta algunas de las principales normas técnicas utilizadas en el diseño, construcción y mantenimiento usadas en la tubería compuesta flexible, las cuales sirven de base para el desarrollo de la presente investigación. En esta tabla se indica la asociación técnica que expide el documento, designación y nombre de la norma, así como un breve resumen del contenido.

**Tabla 2.** Normativa relacionada con el diseño, construcción y mantenimiento de tubería compuesta flexible.

American Society for Testing and Materials (ASTM)	
Designación y nombre de la norma	Resumen
<p><b>ASTM D3350</b> Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials.</p>	<p>Este documento cubre la identificación de tuberías de plástico de polietileno y materiales de las conexiones. Esta norma realiza una clasificación de acuerdo a las seis propiedades que se consideran las más importantes en la fabricación de la tubería PE (14).</p> <p>Una de estas propiedades es la naturaleza del estabilizador que se incluye para proteger el material contra los posibles efectos perjudiciales de la radiación ultravioleta (UV) los rayos de la luz solar, para la cual designa un código identificable.</p>
<p><b>ASTM D1598</b> Standard Test Method for Time-to-Failure of Plastic Pipe Under Constant Internal Pressure.</p>	<p>Este documento proporciona un método de ensayo para la determinación del tiempo de falla de la tubería termoestable exponiendo especímenes de tubo a una presión interna constante, en un ambiente controlado. Los datos obtenidos por este método de ensayo son útiles para determinar cómo los plásticos actuaran como tubería (10).</p>
<p><b>ASTM D2513</b> Standard Specification for Polyethylene (PE) Gas Pressure Pipe, Tubing, and Fittings.</p>	<p>Esta especificación cubre los requisitos y métodos de ensayo para el material, dimensiones, resistencia a la rotura hidrostática, resistencia a la tracción, resistencia química, la presión sostenida, la fusión de calor y resistencia al impacto de tubos de plástico, tubos y accesorios utilizados para el entierro directo (13).</p>
<p><b>ASTM D2122</b> Standard Test Method for Determining Dimensions of Thermoplastic Pipe and Fittings.</p>	<p>En este documento se describe el método de ensayo que permite la determinación de las dimensiones físicas como diámetro, espesor de pared y las dimensiones de longitud de tuberías termoplásticas, para lograr el cumplimiento según las especificaciones del producto; para ello se contemplan los diferentes ítems para la preparación de las muestras, condiciones</p>

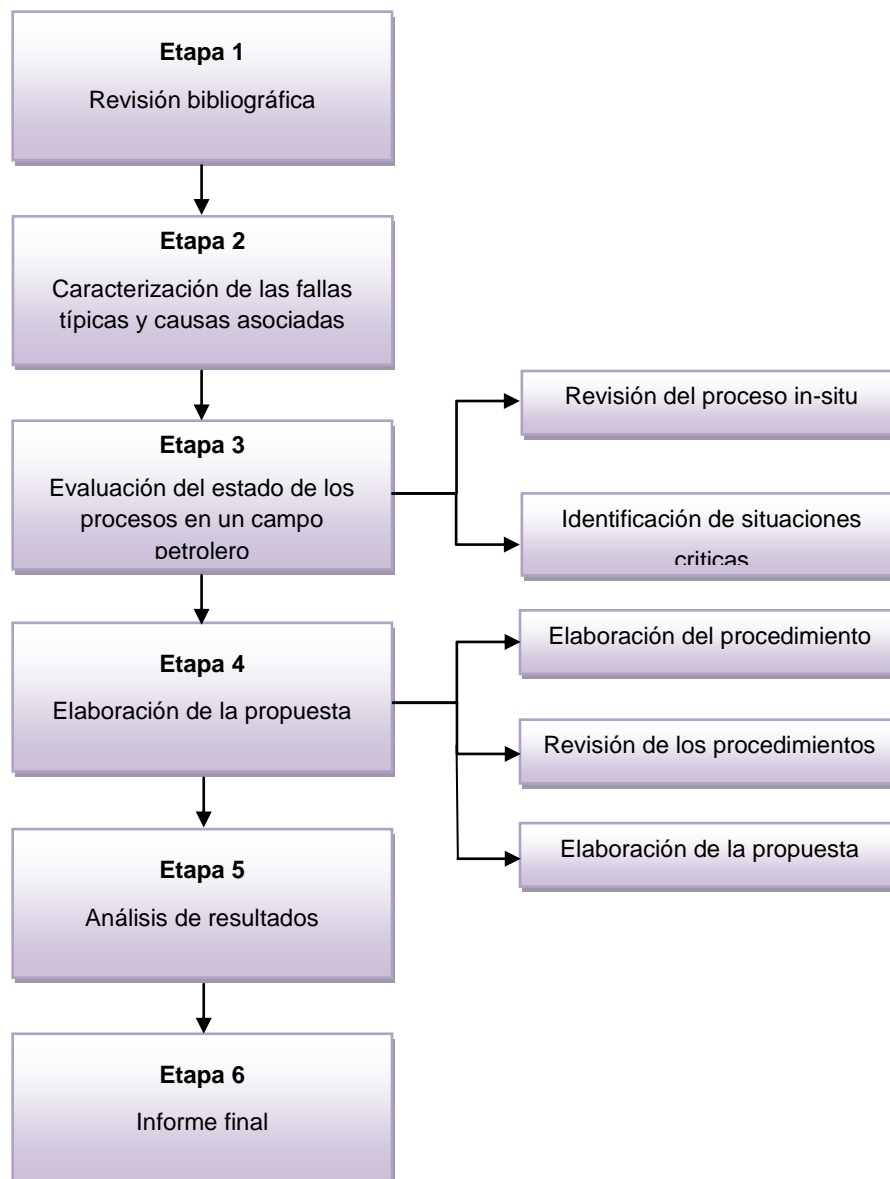
	de ensayo, procedimiento y cálculos respectivos (12).
<p><b>ASTM D1599</b> Standard Test Method for Resistance to Short-Time Hydraulic Pressure of Plastic Pipe, Tubing, and Fittings.</p>	<p>En este documento se resume el método de ensayo que cubre la determinación de la resistencia a la presión hidráulica que produce el fracaso en un corto período de tiempo de cualquier tubería termoplástica reforzado con resina. Es adecuada para el establecimiento de los requisitos de las pruebas de laboratorio para el control de calidad o para especificaciones de compra (11).</p> <p>El método de prueba consiste en cargar una muestra hasta que ocurra la falta, o en intervalos cortos de tiempo por medio de continuo aumento de presión hidráulica interna mientras se está inmersa en un entorno de temperatura controlada. Establece la presión de una falla hidráulica de corta duración (11).</p>
<p><b>ASTM D2837</b> Standard Test Method for Obtaining Hydrostatic Design Basis for Thermoplastic Pipe Materials or Pressure Design Basis for Thermoplastic Pipe Products.</p>	<p>En el documento se describe un procedimiento para el análisis de los datos de prueba de rotura por tensión de tubería con el fin de extrapolar un valor de resistencia a largo plazo para el material que está siendo probado. Este método de ensayo es aplicable a todos los tipos conocidos de materiales de tuberías termoplásticas y productos de tuberías termoplásticas (16).</p>
<p><b>ASTM D3839</b> Standard Guide for Underground Installation of "Fiberglass" (Glass-Fiber Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe</p>	<p>Esta norma establece los procedimientos para el entierro de tubería con fibra de vidrio reforzado con resina termoestable según las condiciones de suelo al que se encuentre. Se incluyen recomendaciones para la apertura de zanjas, colocación de tubería, unión de tuberías, colocación y compactación de relleno, y control de los niveles de desviación (15).</p>
<b>CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA)</b>	
<b>Designación y nombre de la norma</b>	<b>Resumen</b>
<p><b>CSA Z662</b> Oil and gas pipeline systems</p>	<p>Esta norma se enfoca en el diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas de tuberías de la industria de gas, que transportan petróleo para hidrocarburos líquidos, incluyendo el petróleo crudo, líquidos derivados del petróleo, entre otros, donde se describen algunos requisitos para su diseño, instalación, transporte, pruebas de presión, operación, mantenimiento y manipulación. (17)</p>
<b>AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API)</b>	
<b>Designación y nombre de la norma</b>	<b>Resumen</b>
<p><b>API 15S</b> Qualification of Spoolable Reinforced Plastic Line Pipe.</p>	<p>Esta práctica recomendada proporciona las pautas para el diseño, la fabricación, la calificación y la aplicación de tubos de plástico reforzado enrollable en las aplicaciones de línea de flujo de campos petroleros, incluido el transporte de fluidos multifásicos, gases de hidrocarburos, líquidos de hidrocarburos y agua (8).</p>

<p style="text-align: center;"><b>API 17J</b> Specification for Unbonded Flexible Pipe.</p>	<p>En este documento se especifican los requisitos mínimos para el diseño, selección de materiales, fabricación, ensayos, marcado y embalaje de tuberías, considerando diferentes ítems, como recomendaciones en el manejo para carretes, transporte, carga y descarga, tendido entre otros (7).</p>
<p style="text-align: center;"><b>API 17B</b> Recommended Practice for Flexible Pipe.</p>	<p>Esta práctica recomendada provee guías para el diseño, análisis, fabricación, pruebas de instalación y operación de las tuberías flexibles y sistemas de tuberías flexibles para la tierra, submarinos, y aplicaciones marinas (9).</p>

### 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En la figura 4 se muestra un flujograma, en el cual se contemplan las etapas desarrolladas en esta investigación. A continuación se describen las etapas y actividades que se llevaron a cabo durante el desarrollo del proyecto.

**Figura 3.** Metodología usada para la presente investigación.



**Fuente:** Autores

### 3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realizó una búsqueda, selección y a la vez un análisis de la información encontrada en libros, proyectos de grado, normas técnicas existentes, artículos de investigación de las más recientes publicaciones, base de datos, revistas con temas de interés e información en internet, referente a las generalidades de la tubería compuesta flexible, análisis de fallas, almacenamiento e instalación. La recolección y análisis de dicha información tuvo como finalidad el afianzar y adquirir conocimientos, para lograr el óptimo desempeño en el planteamiento del procedimiento y discusión de resultados de la presente investigación. Esta etapa se extendió durante todo el tiempo de la investigación.

### 3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS FALLAS TÍPICAS Y CAUSAS ASOCIADAS.

Para llevar a cabo esta etapa, en primer lugar se realizó un estudio, de las diferentes fabricantes de la tubería compuesta flexible, para líneas de transporte de crudo, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: diámetro de 2 a 3 pulgadas (0,05-0,076 Metros), temperatura de 60°C y presión de trabajo de 700 psi (4,83 MPa). Estos parámetros fueron indicados por el campo interesado en el estudio.

Con base en lo anterior se determinó trabajar con los tres sistemas de mayor uso en el campo petrolero, los cuales se presentan en la tabla 3:

**Tabla 3:** Información de los sistemas aplicables a la presente investigación.

Diámetros: 2-3 in	Presión de trabajo: 700 psi	Temperatura máxima: 60°C	
Sistemas	Capa interna	Capa intermedia	Capa externa
Sistema 1	Nylon (PA) Polipropileno Fortron (PPS)	Fibra de aramida	Nylon (PA) Polipropileno
Sistema 2	Polietileno de Alta Densidad	Fibra de poliestireno (PET)	Polietileno de Alta Densidad
Sistema 3	Polietileno de Alta Densidad (Resina bimodal de PE)	Fibra de vidrio laminado con refuerzo de epoxi	Polietileno de Alta Densidad (copolímero de PEAD)

**Fuente:** Información suministrada por Ecopetrol S.A (19).

Seleccionados los sistemas de tuberías a trabajar, se determinó, analizó y caracterizó las fallas típicas que se presentan en las mismas, así como las principales causas que podrían generarlas. Los resultados obtenidos en esta etapa se presentan en el capítulo 4.

### **3.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PROCESOS EN UN CAMPO PETROLERO.**

En esta etapa se realizan dos actividades: Revisión y análisis de los procesos in-situ e identificación de situaciones críticas.

#### **3.3.1 Revisión y análisis de los procesos in-situ.**

Se realizó una visita al campo petrolero y se revisó la metodología utilizada en los procesos de almacenamiento e instalación de la tubería en estudio. Para el desarrollo de esta etapa se elaboró un formato “lista de chequeo (ver anexo 1)”, teniendo en cuenta los procedimientos, prácticas recomendadas, medidas de seguridad dadas por los fabricantes para los procedimientos de manejo, almacenamiento e instalación de este tipo de tuberías y otro material bibliográfico revisado.

Adicionalmente se realizaron inspecciones visuales a todas las áreas comprometidas, y se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Entrevista y aplicación de encuesta (ver anexo 2) al personal responsable de cada una de las etapas a evaluar.
- Recorrido por las áreas del campo, teniendo en cuenta las actividades críticas para la manipulación de este tipo de tuberías, las condiciones de almacenamiento y los diferentes métodos utilizados para su instalación.
- Registro fotográfico de lo observado y hallado durante el recorrido realizado en el campo.

El diagnóstico de lo evidenciado en esta etapa se presenta en el capítulo siguiente.

### **3.3.2 Identificación de situaciones críticas**

A partir de la información obtenida en la actividad anterior y con base en la bibliografía revisada se identificaron las situaciones críticas de fallas encontradas y se clasificaron en las respectivas etapas de recepción, almacenamiento, transporte e instalación de tubería compuesta flexible. Los resultados obtenidos en esta etapa se presentan en la tabla 7, capítulo 4.

## **3.4 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA**

En esta etapa se realizaron tres actividades: Elaboración del procedimiento, Revisión del procedimiento a cargo de persona especializada y Elaboración de la propuesta final

### **3.4.1 Elaboración del procedimiento.**

Con los resultados obtenidos en las etapas anteriores se elaboró un borrador del procedimiento para el control de las etapas de almacenamiento e instalación de la tubería compuesta flexible del campo petrolero. Este procedimiento además de sus elementos básicos incluye:

Listas de chequeos propuestas:

- Análisis de recepción y almacenamiento de tubería compuesta flexible
- Análisis en transporte e instalación de tubería compuesta flexible.

El procedimiento propuesto se presenta en el capítulo de resultados.

### **3.4.2 Revisión del procedimiento a cargo de personal especializado.**

El borrador del procedimiento realizado fue enviado al personal especializado y responsable de la tubería en estudio en el campo, el cual se encargó de hacer la revisión respectiva y definir los detalles finales para corroborar que cumple con especificaciones propias de la empresa, y es apta para los procesos de almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible para líneas de

transporte de crudo. El resumen de las correcciones realizadas a dicho ejemplar se aprecia en el capítulo 4.

### **3.4.3 Elaboración de la propuesta final**

De acuerdo a las recomendaciones y correcciones procedentes de la etapa anterior se modificó el borrador del procedimiento y se redactó la propuesta final donde se estableció la metodología para almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible para líneas de transporte de crudo. La propuesta final planteada se presenta en siguiente capítulo.

### **3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

Se analizaron e interpretaron los resultados arrojados en cada una de las etapas anteriores. Con base en los resultados obtenidos se establecieron recomendaciones dirigidas al personal encargado en el campo sobre el manejo adecuado de esta tubería en las etapas de almacenamiento e instalación. Los resultados se indican en el siguiente capítulo.

### **3.6 INFORME FINAL**

Para concluir con esta investigación se elaboró un informe final por escrito donde se presentan los resultados obtenidos, sus respectivos análisis y se establecieron conclusiones, observaciones y recomendaciones para posteriores investigaciones en este campo.


## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS



A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las etapas llevadas a cabo durante el desarrollo de la presente investigación y su respectivo análisis.



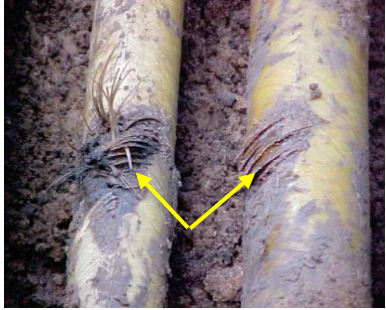
### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS FALLAS TÍPICAS Y CAUSAS ASOCIADAS.

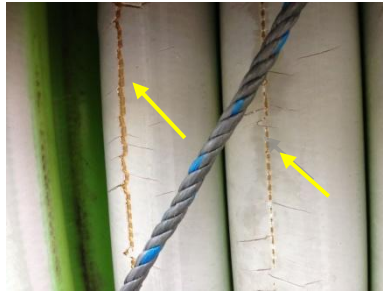
Es importante destacar, con base en la bibliografía consultada, que existen diferentes tipos de defectos para esta clase de tubería. A continuación en la tabla 4 se presenta una clasificación con algunos de estos, con su respectiva descripción, tipo, causas, efectos y se indica la etapa donde se presenta haciendo referencia a el almacenamiento, transporte e instalación. Los registros fotográficos que se muestran fueron recopilados durante la visita al campo y otros fueron suministrados por diferentes campos petroleros.

**Tabla 4:** Clasificación de los daños típicos en la tubería compuesta flexible.

DESCRIPCION	TIPO	CAUSAS	EFFECTOS	ETAPA DONDE SE PRESENTA
Daño en la capa exterior de la tubería en forma de marcas superficiales sin orientación preferencial.	<b>RALLADURAS</b>	Las ralladuras son creadas cuando la tubería se roza con objetos afilados o se ejerce fricción contra el suelo, es muy común cuando la tubería es halada en contacto de dichos objetos.	Puede dar lugar a crecimientos de grietas, disminución de la resistencia y durabilidad de la tubería. Depende de la profundidad y forma de la ralladura.	Almacenamiento Instalación Transporte
 <p>COLOMBIA – CAMPO LA CIRA INFANTAS</p>				

<p>Alteración por doblez o desigualdad de la superficie, creando arrugas y descoloramiento.</p>	<p><b>ESTRÍAS</b></p>	<p>Se presentan en el momento del desenrolle de la tubería al ubicarla en la zanja excediendo la curvatura de la misma, superando los límites permitidos.</p>	<p>Disminución en la resistencia de la capa exterior. Fragilización en partes de la superficie, acompañadas con cambios de color.</p>	<p>Instalación</p>
 <p>COLOMBIA – CAMPO LA CIRA INFANTAS</p>				
<p>Cavidades en la capa exterior de la tubería sin forma definida donde se presenta pérdida de material.</p>	<p><b>DAÑOS POR TERCEROS</b></p>	<p>Son creados por equipos de excavación o herramientas de trabajo que pueden accidentalmente golpear y dañar la tubería.</p>	<p>Daño grave que puede causar en la tubería un escape o ruptura, lo que resulta en un riesgo inmediato en la integridad es decir en la vida útil de la tubería. Incluso los daños que parecen ser menores pueden, durante un período de tiempo, debilitan la tubería y provocan daño.</p>	<p>Almacenamiento Transporte Instalación</p>
 <p>COLOMBIA – CAMPO LA CIRA INFANTAS</p>				

<p>Fotodegradación Cambio del color original debido a la exposición solar continua.</p>	<p><b>CAMBIO DE COLOR</b></p>	<p>El cambio de color ocurre por la exposición excesiva a la radiación solar / rayos uv.</p>	<p>La exposición continua a la radiación solar genera deterioro a las propiedades de la tubería ocasionando su cambio de color así como su fragilización.</p>	<p>Almacenamiento Instalación</p>
 <p><i>COLOMBIA – CAMPO LA CIRA INFANTAS</i></p>				
<p>Daño Estructural de la tubería en forma de perforaciones o rasguños en las capas de la tubería fin forma definida.</p>	<p><b>DAÑO POR IMPACTO</b></p>	<p>La abrasión causada por elementos afilados tales como rocas o fricción contra la tubería o por impacto, causado por la caída de elementos pesados sobre la tubería.</p>	<p>Escape o rotura de la tubería en servicio causando posibles impactos ambientales. Daño en la integridad de la tubería impidiendo su uso.</p>	<p>Instalación En servicio</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>COLOMBIA – ORITO –LORO 9D</i></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>MEXICO – PEMEX</i></p> </div> </div>				
<p>Red de agrietamiento que se puede presentar en la superficie.</p>	<p><b>CUARTEO</b></p>	<p>Es el resultado del agrietamiento por tensión ambiental el cual es un fenómeno que se produce bajo la acción simultánea de tensión / deformación y medio fluido, en estado líquido o gaseoso.</p>	<p>Afectación de la capa exterior de la tubería dando lugar a la disminución de su resistencia e integridad causando fracturas. Restringe el uso.</p>	<p>Almacenamiento</p>



COLOMBIA – ORITO – BOGEGA SOP

<p>Señal que queda luego de que la tubería se dobla de forma inadecuada.</p>	<p><b>PLIEGUES</b></p>	<p>Este defecto es el resultado del bobinado inapropiado de la tubería al exceder su radio mínimo de curvatura.</p>	<p>Daño estructural de la tubería impidiendo su uso.</p>	<p>Tubería sobrante de instalación que es rebobinada.</p>
--	------------------------	---	--	---



COLOMBIA – ORITO – BOGEGA SOP

<p>También llamado degradación permanente de las capas de la tubería. Ruptura en la capa externa y el refuerzo y deformación en la capa interna.</p>	<p><b>ROTURA</b></p>	<p>Se deben a que los esfuerzos soportados son mayores que la resistencia del material de fabricación. Los aumentos drásticos de presión</p>	<p>Afectación de las diferentes capas de la tubería, escape o rotura de la tubería en servicio causando posibles impactos ambientales. Daño en la integridad de la tubería impidiendo su uso.</p>	<p>En servicio</p>
--	----------------------	--	---	--------------------



COLOMBIA – CAMPO LA CIRA INFANTAS

**Fuente:** Autores

## 4.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PROCESOS EN UN CAMPO PETROLERO.

Esta fase comprende la revisión de la metodología utilizada en el almacenamiento e instalación para tubería compuesta flexible en un campo petrolero, para su respectiva evaluación, la identificación de los puntos críticos y encontrar oportunidades de mejoramiento.

### 4.2.1 Revisión y análisis de los procesos in-situ.

El campo seleccionado para realizar esta visita fue el campo La Cira-Infantas ubicado en el municipio de Barrancabermeja, esta se llevó a cabo en el mes de septiembre del 2013.

Durante el recorrido por las áreas de interés en el campo, se revisaron las actividades correspondientes a almacenamiento e instalación de la tubería compuesta flexible.

La tubería instalada corresponde al sistema 1 indicado en la metodología (ítem 3.2) con las siguientes especificaciones:

**Tabla 5:** Especificaciones de la tubería instalada en el campo.

Tamaño: 2-3/8"	Presión de trabajo: 275 psi		Temperatura máxima: 121 °C
Sistema 1	Capa interna	Capa intermedia	Capa externa
	Nylon (PA) + Fortron (PPS)	Fibra de aramida	Nylon (PA) Polipropileno

**Fuente:** Autores

Como se indicó en la metodología se llevaron a cabo las entrevistas, encuestas e inspección visual; los resultados de las mismas se presentan en la tabla 6 en la cual se indica el aspecto revisado, la actividad realizada y el hallazgo encontrado. Adicionalmente con base en el análisis hecho se determinaron unas acciones, sugerencias y oportunidades de mejoramiento identificadas en cada aspecto revisado.

**Tabla 6:** Resultados y análisis de los hallazgos encontrados en la visita.

<b>ALMACENAMIENTO</b>			
<b>Aspecto revisado</b>	<b>Actividad realizada</b>	<b>Hallazgo</b>	<b>Acciones , sugerencias y oportunidades de mejoramiento</b>
Personal	Entrevista  Encuesta	1.Se identifica buen conocimiento y aplicación de medidas de seguridad industrial. 2.No se evidencia un programa frecuente de capacitación para la manipulación de este tipo de tuberías.	✓Se necesita informar y entrenar a los trabajadores del área de almacenamiento sobre manejo e implementar controles periódicos sobre las condiciones de almacenamiento, con el fin de disminuir la ocurrencia de fallas derivadas de este proceso. ✓Es importante la presencia de procedimientos detallados que contengan los requerimientos mínimos para preservar la tubería, evitando fallas y daños que puedan repercutir en el funcionamiento de la tubería cuando está en servicio.
Condiciones de las instalaciones	Recorrido por el área.  Entrevistas.  Registro fotográfico.	1.El lugar se encuentra libre de obstáculos, no tiene pendientes.( Imagen 1) 2.No se dispone de un lugar exclusivo para el almacenamiento de este tipo de tuberías. 3.El almacenamiento se realiza a la intemperie, expuesto a las condiciones ambientales del lugar. ( Imagen 1) 4.No hay protección contra la humedad y la luz ultravioleta. ( Imagen 1) 5.Los guacales presentaban deterioro en la parte inferior y se encuentran ubicados directamente sobre el terreno, lo cual promueve la concentración de humedad pudiendo	✓Se recomienda habilitar un área exclusiva para el almacenamiento de los diferentes sistemas de tubería, el cual cuente con las condiciones adecuadas como superficies suaves, niveladas sin objetos protuberantes, también que tengan un soporte adecuado para evitar que los carretes rueden. ✓Los carretes vienen embalados en guacales lo que ayuda al control contra la luz solar; pero este control no es tan eficaz, por ello se recomienda que los carretes estén bajo sombra. ✓Se recomienda implementar una cobertura desmontable simple e impermeable para cubrir los guacales para protección contra la humedad. ✓Es necesario realizar auditorías periódicas para asegurar el

Aspecto revisado	Actividad realizada	Hallazgo	Acciones , sugerencias y oportunidades de mejoramiento
Estado de la tubería almacenada.	<p data-bbox="516 877 646 947">Inspección visual</p> <p data-bbox="516 1104 646 1131">Entrevista</p> <p data-bbox="516 1335 646 1404">Registro fotográfico</p>	<p data-bbox="690 226 997 296">transferirla a la tubería. (Imagen 3)</p> <p data-bbox="672 394 1008 632">1.En la revisión se observó que la tubería se encuentra embalada en guacales de madera cuadrados situados el uno al lado del otro. (Imagen 1)</p> <p data-bbox="672 646 1008 1010">2.Los guacales se encontraban referenciados con información básica de la tubería, lo cual permite su fácil identificación en la base de datos de la empresa y se lleva un control de la tubería de manera rápida y eficiente. (Imagen 5)</p> <p data-bbox="672 1024 1008 1325">3.Algunos guacales presentaban aberturas, lo que indicaba que la tubería se encontraba expuesta al ambiente, esta exposición representa una amenaza para la preservación de la misma. (Imagen 2)</p> <p data-bbox="672 1339 1008 1745">4.Se observó que en un guacal el extremo de la tubería se encontraba amarrada para evitar accidentes por liberación de energía. Sin embargo, este extremo se encontraba descubierto y sin la protección necesaria para evitar que se introduzcan objetos, líquidos. (Imagen 4)</p>	<p data-bbox="1042 226 1455 296">seguimiento de las condiciones en las que se realiza el proceso.</p> <p data-bbox="1024 394 1455 562">✓ Solicitar a la empresa proveedora de la tubería que parte del embalaje sea el cubrimiento de los extremos de la tubería cuando está en el carrete.</p> <p data-bbox="1024 577 1455 842">✓ Si lo anterior no es posible, es necesario implementar un sistema para cubrir los extremos de las tuberías flexibles para que estas tengan la protección necesaria para evitar que cualquier desecho extraño ingrese al tubo.</p> <p data-bbox="1024 856 1455 1087">✓ Evitar el daño por humedad en los guacales que contienen los carretes de tubería, además se recomienda que se mantengan cerrados o protegidos de manera que la radiación solar no incida directamente sobre la tubería.</p>

**Registro fotográfico almacenamiento**



Imagen 1.  
Lugar de almacenamiento



Imagen 2. Guacales con presencia de abertura.



Imagen 3. Guacales ubicados directamente sobre el terreno



Imagen 4.  
Extremo de tubería sin protección



Imagen 5.  
Guacal con referencia

**INSTALACIÓN**

Aspecto revisado	Actividad realizada	Hallazgo	Acciones , sugerencias y oportunidades de mejoramiento
Personal	Entrevista Encuesta	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se evidencia conocimiento del manual de instalación suministrado por el proveedor.</li> <li>2. Se identifica conocimiento y aplicación de medidas de seguridad industrial</li> <li>3. Se tiene conocimiento de la tubería y su manejo.</li> <li>4. Aunque el personal se encuentra certificado para esta operación, no se realizan charlas de refuerzo a estos conocimientos.</li> </ol>	<p>✓ Se recomienda la realización de charlas periódicas de refuerzo sobre el manejo y la instalación de la tubería, lo cual ayuda a la prevención de fallas en este proceso.</p>
Proceso de instalación	Inspección visual	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La zona del campo, cuenta con los respectivos avisos y señales de seguridad. (Imagen 13)</li> <li>2. La apertura de la zanja se realiza, con una retroexcavadora. (Imagen 6)</li> <li>3. Es adecuada la ubicación del carrete y su manipulación.</li> </ol>	<p>✓ Se recomienda realizar las zanjas de dimensiones acordes con lo indicado por el fabricante</p> <p>✓ Asegurar el buen estado de las zanjas, es decir que el fondo esté razonablemente</p>

		(Imagen 7) 4.El material extraído de la zanja se encontraba ubicado inadecuadamente a lado y lado de la zanja.(Imagen 8). 5.El montaje del carrete y su manipulación se realizaban de la manera indicada por el fabricante (Imagen 9) 6.El tendido de la tubería se realiza de manera que la tubería queda en forma de serpentina. (Imagen 14). 7.En el caso particular de la tubería instalada el tendido de la tubería se realizó manualmente a hombro por el personal, y no por el equipo apropiado recomendado por el fabricante. (Imagen 10) 8.El fondo de la zanja no cumple con las condiciones planas, libre de rocas de tamaños considerables lo cual no es adecuado. (Imagen 11) 10 La tubería presentaba jorobas, es decir no se encontraba totalmente plana descansando sobre el suelo. (Imagen 12) 11 Se observaron zanjas con zonas fangosas. (Imagen 15) 12 No se tiene precisión para instalar varias líneas, no se tienen las medidas precisas para realizarla. El cálculo de las dimensiones de esta zanja se determina según la experiencia del instalador. (Imagen 16).	liso y nivelado, sin que contenga rocas o materiales con ángulos agudos cortantes los cuales podrían dañar la tubería después de ser tapada y probada. Además debe estar seca sin barro, colocando la tubería fijamente sobre el fondo de la zanja sin que se formen jorobas. ✓ Implementar un control sobre la carga máxima que se debe aplicar en el momento de realizar el halado de la tubería, ya que si excede la tensión permitida podría ocasionar daños sobre la misma ✓ Una buena práctica es dejar los montos de tierra a un solo lado de la zanja usando el lado contrario para tender la tubería y evitar deslizamiento de material dentro de la zanja. ✓ Se recomienda una cama de arena para el tendido de la tubería; si esto no es posible se recomienda tamizar el material excavado. ✓ Es necesario disponer de un procedimiento guía para la realización de las zanjas y demás etapas del proceso de instalación. ✓ Realizar auditorías periódicas para verificar el buen desarrollo de la actividad.
	Entrevistas		
	Encuesta		
	Registro fotográfico		

**Registro fotográfico instalación**



Imagen 6. Apertura de la zanja



Imagen 7. Carrete fijado y ajustado en un burro



Imagen 8. Zanja



Imagen 9. Ubicación del carrete



Imagen 10. Halado por la zanja se realizó manualmente



Imagen 11. Tendido de la tubería sobre rocas.



Imagen 12. Tendido de la tubería con presencia de jorobas



Imagen 13. El campo con las respectivas señales de seguridad.



Imagen 14. el tendido de la tubería se realiza de manera curva,



Imagen 15. zanja con presencia de fango o barro



Imagen 16. Instalacion de varias lines en una zanja

**Fuente:** Autores

#### 4.2.2 Identificación de situaciones críticas

De acuerdo con lo dicho en la metodología se identificaron las situaciones críticas presentes en cada etapa correspondiente. Algunas de ellas fueron identificadas en la visita y se encuentran sustentadas con el registro fotográfico donde se aprecia la aparición de fallas directas sobre la integridad de la tubería (ver tabla 4). A continuación se aprecia la recopilación de dichas situaciones clasificadas en las etapas de almacenamiento e instalación.

**Tabla 7:** Identificación de las situaciones críticas

Etapas	Situación crítica
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cambios de color por almacenamiento inadecuado.</li><li>• Desprotección de las puntas de la tubería compuesta flexible.</li><li>• Falta capacitación frecuente del personal sobre manipulación de la tubería.</li><li>• No existe un procedimiento estándar para el almacenamiento de este tipo de tubería.</li><li>• Necesidad de implementar controles periódicos a las condiciones de almacenamiento.</li><li>• Necesidad de realizar auditorías periódicas sobre los controles y condiciones de almacenamiento.</li></ul>
Instalación	<ul style="list-style-type: none"><li>• No se dispone de una guía estándar para la instalación de tubería compuesta flexible.</li><li>• Necesidad de control sobre la carga máxima en el halado de la tubería.</li><li>• Estado no adecuado de las zanjas.</li><li>• Necesidad de realizar auditorías periódicas sobre los procesos que involucran la instalación de este tipo de tuberías.</li></ul>

**Fuente:** Autores

#### 4.3 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA.

Para el planteamiento de esta metodología se realizó una investigación de las normas, códigos, libros, publicaciones y metodologías propuestas, tanto nacionales como internacionales, haciendo énfasis en las más recientes y las aplicadas en el país, con el fin de establecer una metodología adecuada a este medio. A continuación se presentan los resultados de las actividades de

elaboración del procedimiento, revisión del procedimiento a cargo del personal especializado y elaboración de la propuesta final.

#### **4.3.1 Elaboración del procedimiento**

Como se mencionó en la metodología, con los hallazgos que se obtuvieron durante la visita y la información recolectada en la aplicación de las encuestas, y la bibliografía consultada, se elaboraron borradores de procedimientos constitutivos de la metodología que incluyen mejores prácticas para el control de los procesos de almacenamiento e instalación de tubería compuesta usada en el campo en estudio. Los anteriores borradores fueron enviados al personal encargado del área de almacenamiento e instalación respectivamente para su revisión.

#### **4.3.2 Revisión del procedimiento a cargo de personal especializado.**

Los borradores de los procedimientos fueron evaluados por el personal especializado, haciéndose algunas correcciones con el fin de ajustar los procedimientos a su aplicación en los procesos de almacenamiento e instalación en el campo interesado se presentan en la tabla 8:

**Tabla 8:** Recopilación de recomendaciones aplicables a los procedimientos

<b>Ítem</b>	<b>Sugerencia</b>	<b>Estado</b>
III.DEFINICIONES	Incluir algunas definiciones que facilite la interpretación de los procedimientos.	Cumplida
Flujogramas	Crear los flujogramas de manera más secuencial con las actividades y de fácil entendimiento.	Cumplida
En el procedimiento de instalación	Revisar el esquema sobre las dimensiones de la zanja, incluir las dimensiones e ilustrar de manera más clara.	Cumplida
En el procedimiento de transporte	En las descripciones de los métodos izajes, incluir esquemas representativos para evitar interpretaciones erróneas.	Cumplida

En el procedimiento de almacenamiento	Hacer énfasis en que los Ingenieros que realizan las solicitudes de compras deben estar pendientes del chequeo al recibo de la tubería con respecto a las especificaciones técnicas que se concretaron en el momento de la compra.	<p>No Cumplida:</p> <p>Las especificaciones técnicas de la tubería se solicitan al momento de realizar la compra al proveedor y debe ser exigido como requisito para el mismo, por parte de la superintendencia.</p>
---------------------------------------	--	--

**Fuente:** Autores

### **4.3.3 Elaboración de la propuesta final.**

Con el resultado obtenido de las etapas anteriores se planteó una metodología final constituida por procedimientos escritos para los procesos que involucran almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible para líneas de transporte de crudo.

Cada procedimiento escrito consta de su objetivo, alcance, definiciones, documentos de referencia, recomendaciones generales (aspectos comunes para los procedimientos), además del cuerpo del procedimiento, diagramas de flujo y lista de chequeo. Adicionalmente se incluyó una propuesta de un instructivo para prueba hidrostática.

A continuación se presenta los procedimientos desarrollados.

#### **4.3.3.1 PROCEDIMIENTOS PARA ALMACENAMIENTO E INSTALACIÓN.**

##### **I. OBJETIVO**

El Objetivo de los presentes procedimientos es establecer las pautas o pasos operativos necesarios para el almacenamiento e instalación correcta de tubería compuesta flexible utilizada en la industria petrolera, incluyendo la recepción a la superintendencia y el transporte al campo.

##### **II. ALCANCE**

Este procedimiento es aplicable a los sistemas 1, 2 y 3 de tubería compuesta flexible para líneas de transporte de crudo, indicadas a continuación:

**Tabla 9:** Tabla de las especificaciones de la tubería a la cual son aplicables los procedimientos.

Diámetros: 2-3 in	Presión de trabajo: 700 psi	Temperatura máxima: 60°C	
Sistema	Tecnología		
	Capa interna	Capa intermedia	Capa externa
Sistema 1	Nylon (PA) o Polipropileno + Fortron (PPS)	Fibra de aramida	Nylon (PA) o Polipropileno
Sistema 2	Polietileno de Alta Densidad	Fibra de poliestireno (PET)	Polietileno de Alta Densidad
Sistema 3	Polietileno de Alta Densidad	Fibra de vidrio laminado con refuerzo de epoxi	Polietileno de Alta Densidad

**Fuente:** Información suministrada por Ecopetrol S.A (19).

**No aplica para:**

- Accesorios de la tubería como conectores y acopladores.
- Uso en tramos o secciones en superficie sin protección adicional “encamisado”.
- No aplica para ductos submarinos, para cruzamientos de ríos, y ductos sumergidos.

### III. DEFINICIONES

**Carretes:** Cilindro generalmente con el eje hueco, con rebordes, bridas o discos en sus bases, en el que se enrolla la tubería compuesta flexible.

**Control de calidad:** El control de calidad son todos los mecanismos, acciones, herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores.

**Eslingas:** Es el elemento intermedio que permite enganchar una carga a un gancho de izado o de tracción. Consiste en una cinta con un ancho o largo específico (varían según su resistencia, los modelos y los fabricantes) cuyos extremos terminan en un lazo.

**Fibra de aramida:** Se define como una fibra en la que la sustancia que la forma es una cadena sintética poliamida, usada como refuerzo en la tubería compuesta flexible.

**Fibra de poliestireno (PET):** se define como una fibra fuerte de peso ligero de poliéster claro usado como refuerzo en las tuberías compuestas flexibles.

**Fibra de vidrio:** Material en forma de filamento o de tejido muy usado como refuerzo en la tuberías poliméricas u otros componentes de materia plástica (resina de vidrio).

**Fortron (PPS):** (sulfuro de polifenileno) es un polímero orgánico utilizado para crear fibra sintética y textiles conocidos por su resistencia al impacto químico y térmico.

**Lista de chequeo:** Lista de verificación de items que sirve como guía y recordatorio de los puntos que deben ser inspeccionados en función de los conocimientos que se tienen sobre las características y riesgos de lo revisado.

**Nylon (PA):** Material polimérico sintético que pertenece al grupo de las poliamidas que se utiliza en la capa interior de la tubería.

**Polietileno de Alta Densidad:** Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Este material se utiliza en las capas exteriores e interiores para las tuberías plásticas trifásicas.

**Polipropileno:** Material termoplástico opaco, muy resistente a las altas temperaturas y a los agentes químicos; empleado en tuberías destinadas a conducir hidrocarburos.

**Tubería compuesta flexible:** Tubería enrollable compuesta por tres capas, una interna por la cual se transporta el líquido, una segunda de refuerzo la cual le brinda rigidez, y la tercera capa que se asegura de la protección a golpes y rayones.

#### **IV. DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

- CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION, Oil and gas pipeline systems. Norma CSA Z662, Publicación especial, junio 2007
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Qualification of Spoolable Reinforced Plastic Line Pipe. Norma API 15S, 1ra edición, Marzo 2006
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Specification for Unbonded Flexible Pipe. Norma API 17J, 3ra edición, Julio 2008
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Recommended Practice for Flexible Pipe. Norma API 17B, 2ra edición, Julio 1998
- ECOPETROL, Guía recomendada para selección y uso de tuberías de materiales compuestos para aplicación de líneas de flujo de la VPR, Piedecuesta (Santander) septiembre 2012
- PIPELINE AND HAZARDOUS MATERIALS SAFETY ADMINISTRATION, PHMSA – DOT, Subpart E: Pressure Testing
- ECOPETROL, Especificación técnica para prueba hidrostática, código CNE: ECP-VST-P-MET-ET-012, Octubre 2011
- ASTM D3839, Standard Guide for Underground Installation of “Fiberglass” (Glass-FiberReinforced Thermosetting-Resin) Pipe, 2008

## **V. RECOMENDACIONES GENERALES**

Esta clase de tubería tiene gran facilidad de manejo, especialmente si se comparan con otras de distintos materiales. Sin embargo, el trato inadecuado de las mismas puede hacer que pierdan propiedades mecánicas y físicas, haciendo que su utilización pierda la seguridad y confiabilidad con la que fueron diseñados y producidos. Las recomendaciones que se deben tener en cuenta son:

- Personal capacitado, certificado y autorizado para la manipulación de esta tipo de tubería.
- Debe evitarse impactos, fricciones y contactos con cuerpos o superficies que puedan dañar la tubería como: rocas, objetos metálicos, etc.

- Las tuberías no deben estar en contacto con lubricantes hidráulicos o aceites, gasolina, solventes o materiales agresivos.
- Se debe tener especial cuidado en el manejo de los carretes en condiciones húmedas, ya que este estado resbaladizo puede ocasionar accidentes.
- No soldar cerca de la tubería.
- No se deben usar eslingas metálicas, ganchos o cadenas de contacto directo con la tubería.
- El extremo del tubo debe estar asegurado durante todas las operaciones para evitar las liberaciones rápidas de energía y posibles lesiones al personal y daño al tubo y/o al equipo.
- No se deben mover los carretes rodándolos.
- Se debe verificar el estado de las condiciones de funcionamiento de los equipos e implementos de trabajo antes de ser utilizados.
- Todos los equipos de manipulación deben utilizarse de acuerdo con las normas y reglamentos de las normas internacionales o nacionales pertinentes.
- Todos los equipos de manipulación deben tener protección contra daños y deterioro, mientras no están en uso y se deben inspeccionar antes de su uso.
- Cualquier herramienta manual y/o eléctrica de uso manual debe utilizarse según las instrucciones del fabricante.
- Se debe adoptar las medidas de protección personal que correspondan.
- Para la prueba hidrostática se deben seguir los requerimientos y especificaciones dadas en el documento: Especificación técnica para prueba hidrostática, código CNE: ECP-VST-P-MET-ET-012

**Nota 1:** *En caso de que se incumplan cualquiera de los ítems anteriores notificar al personal pertinente según sea el caso.*

## A. PROCEDIMIENTO PARA ALMACENAMIENTO

### I. RECEPCIÓN DE TUBERÍA

La tubería compuesta flexible está fabricada de acuerdo con los estándares API RP 15S y API RP 17J. La superintendencia debe garantizar productos de alta calidad, para ello la tubería que ingresa debe cumplir como mínimo los siguientes estándares:

**Tabla 10:** Estándares de diseño para tubería compuesta flexible

ASIGNACIÓN Y NOMBRE	¿QUE VERIFICA?
ASTM D3350. Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials.	Cumplimiento de las especificaciones descritas para protección contra rayos ultravioleta UV,
ASTM D1598. Standard Test Method for Time-to-Failure of Plastic Pipe Under Constant Internal Pressure.	Resistencia a fallas por presión interna constante.
ASTM D2513. Standard Specification for Polyethylene (PE) Gas Pressure Pipe, Tubing, and Fittings.	Cumplimiento del estándar de ovalidad
ASTM D2122. Standard Test Method for Determining Dimensions of Thermoplastic Pipe and Fittings.	Cumplimiento de las dimensiones estándar del diámetro interior y exterior.
Standard Test Method for Resistance to Short-Time Hydraulic Pressure of Plastic Pipe, Tubing, and Fittings. ASTM D1599	Resistencia a fallas por presión hidráulica en un corto período de tiempo
ASTM D2837. Standard Test Method for Obtaining Hydrostatic Design Basis for Thermoplastic Pipe Materials or Pressure Design Basis for Thermoplastic Pipe Products.	El cumplimiento de la guía base de diseño para tubería no metálica

**Fuente:** Autores

**Nota 2:** El cumplimiento de las anteriores normas son requisitos de diseño y debe estar verificado por el personal de compras, respaldado por ente certificador.

- **Actividades**

Para la comprobación del estado de llegada de la tubería se realiza un análisis por medio de la lista de chequeo # 1 (Ver formato 1), para ello se debe realizar las siguientes actividades:

**1. Recepción de la tubería.**

**2. Verificación cantidad:** Verifique la cantidad enviada contra la orden de compra. La persona a cargo debe anotar cualquier faltante o incumplimiento de especificaciones. (cantidad, referencia, diámetro, presión de operación, etc.).Realizar el respectivo registro.

**3. Inspección visual:** Hay que tener en cuenta que pueden ocurrir daños en la tubería durante el transporte, para ello:

**a.** Verifique el estado caminando alrededor del vehículo para asegurarse de que la carga no se ha desplazado durante el transporte. Es decir que los carretes vengán ajustados y ubicados de forma adecuada; si hay una indicación de desplazamiento, la persona a cargo debe inspeccionar cada carrete en la descarga de manera rigurosa.

**b.** Registre y reporte cuidadosamente cualquier signo de daño en la tubería, márkelo cuidadosamente para que el proveedor y/o representante lo inspeccione más a fondo.

**c.** Notifique inmediatamente al proveedor y a la compañía de transportes y presente una reclamación por piezas dañadas o faltantes de acuerdo con sus instrucciones.

**4. Registro:** Completar la lista de chequeo # 1 (Ver formato 1)

## **II. ALMACENAMIENTO DE TUBERÍA**

La superintendencia debe mantener la tubería compuesta flexible en el lugar apropiado para su almacenamiento, teniendo en cuenta que las condiciones

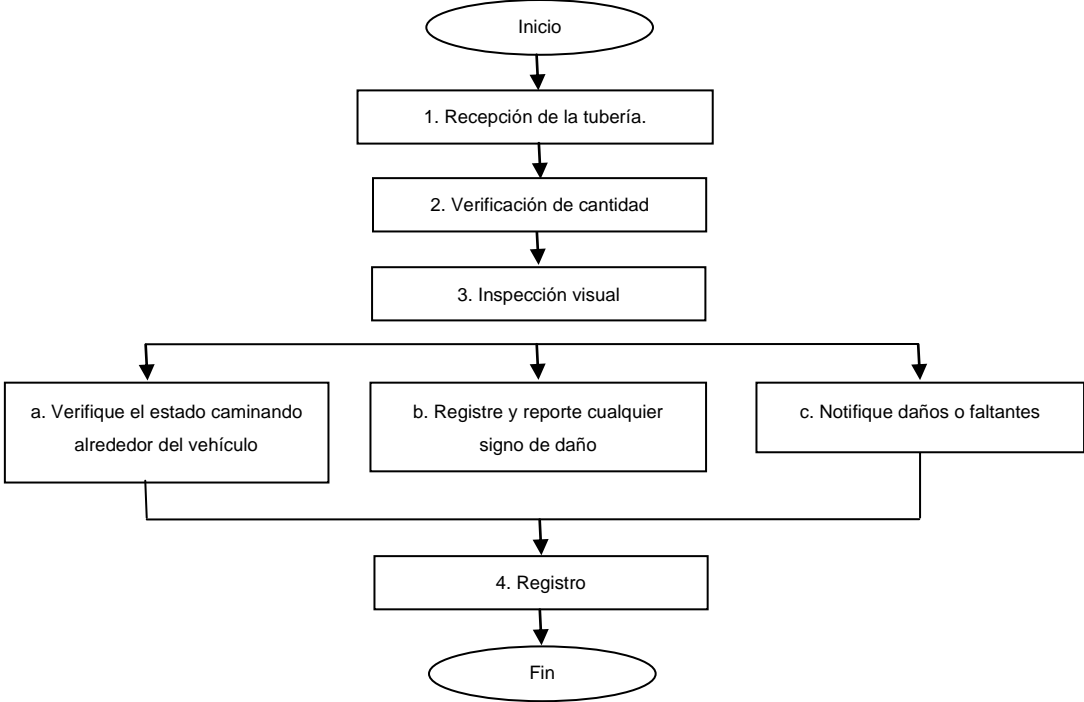
ambientales sean adecuadas para así garantizar la conservación de la integridad de la misma previniendo deterioro o contaminación.

- **Actividades**

Para controlar las condiciones ambientales del área de almacenamiento se realiza un análisis por medio de la lista de chequeo # 2 (Ver formato 2), para ello se debe realizar las siguientes actividades:

- 1. Selección del área de almacenamiento:** El lugar escogido debe ser nivelado, superficie rígida adecuada para evitar que las bridas del carrete se hundan en el suelo, plano, libre de rocas, de fácil acceso y amplio para permitir el movimiento seguro de las tuberías y del equipo de manipulación.
- 2. Almacenamiento:** Los carretes deben almacenarse en su embalaje original y deben estar cubiertos con una cobertura formada por una estructura de simple desmonte.  
*Nota 3: En caso de no estar cubiertos se debe buscar un lugar sombreado, libre de la acción directa o de la exposición continua al sol.*
- 3. Clasificación:** Los carretes deben ubicarse de manera ordenada clasificándolas de acuerdo a su longitud, presión, diámetro o uso, según lo considere el encargado de la bodega, esto para brindar mayor facilidad de manejo e identificación.
- 4. Ubicación:** Colocar y ubicar los apoyos para evitar que el carrete ruede, de lo contrario, asegúrese que la bobina no pueda rodar. No almacene los carretes en superficies con pendientes inclinadas.
- 5. Registro:** Completar la lista de chequeo # 2 (Ver formato 2)

**Figura 4:** Flujograma para recepción



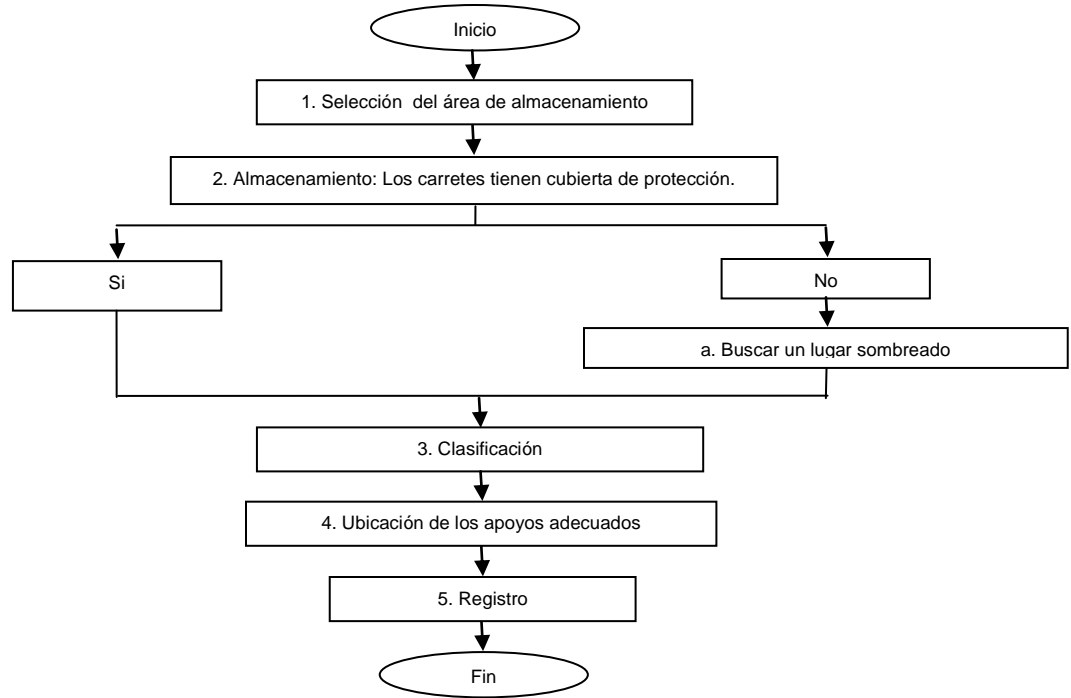
**Fuente:** Autores

**Formato 1:** Lista de chequeo para llegada de tubería compuesta flexible.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA INGENIERIA METALURGICA TUBERIA COMPUESTA FLEXIBLE		
	<b>PROCEDIMIENTO PARA ALMACENAMIENTO</b>	<b>Lista de chequeo # 1</b>	<b>Septiembre 2013</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Cantidad de carretes:</b>	<b>Identificación:</b>	
<b>Llegada de tubería</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ESTADO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
Humedad de los guacales	Conservado	Mal estado	
El producto llega totalmente cubierto	Adecuada	Inadecuada	
Los carretes están bien ajustados	Bueno	Deficiente	
Los carretes están ubicados en forma adecuada	Bien ubicado	Inadecuado	
La cantidad enviada es la apropiada	Completa	Incompleta	
Existe algún tipo de daño	Si	No	
Embalaje			
Carrete			
Tubería			
DILIGENCIADO POR: _____ NOTIFICADO A: _____			


**Fuente:** Autores

**Figura 5.** Flujograma para almacenamiento de tubería



**Fuente:** Autores

**Formato 2:** Lista de chequeo para almacenamiento de tubería compuesta flexible.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA INGENIERIA METALURGICA TUBERIA COMPUESTA FLEXIBLE		
	<b>PROCEDIMIENTO PARA ALMACENAMIENTO</b>	<b>Lista de chequeo # 2</b>	<b>Septiembre 2013</b>
<b>Evaluación de condiciones generales de espacio y ambiente del lugar de almacenamiento</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ESTADO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
¿La tubería se coloca en un lugar seguro? Tener en cuenta lubricantes hidráulicos o aceites, gasolina, solventes o materiales agresivos y procesos de soldadura.	Si	No	
¿Lejos del tráfico y otras operaciones?	Bien ubicado	Inadecuado	
¿El piso se encuentra nivelado, plano y libre de obstáculos?	Bueno	Deficiente	
¿Los carretes son almacenados en su embalaje original?	Si	No	
Si los carretes no se encuentran empacados en guacales, ¿los extremos de los tubos se encuentran tapados y protegidos?	Bueno	Deficiente	
Si los carretes no se encuentran empacados en guacales ¿Los carretes tienen un soporte adecuado para evitar que rueden y/o se hunda en el suelo?	Si	No	
Distribución	Adecuada	Inadecuada	
DILIGENCIADO POR: _____ NOTIFICADO A: _____			

**Fuente:** Autores

## B. PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE

La superintendencia asegura la protección de la integridad de la tubería compuesta flexible durante el transporte al sitio a instalar, mediante la comunicación adecuada al personal a cargo con el fin de conocer las condiciones de seguridad que deben tenerse en el manejo de la tubería para evitar el deterioro o daños en la misma.

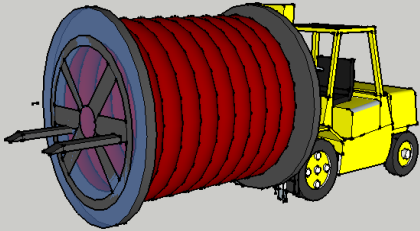
**Nota 4:** Hay que tener en cuenta que el proveedor garantiza la seguridad e integridad de la tubería en el transporte hasta las instalaciones de la superintendencia, cuando se realiza la compra.

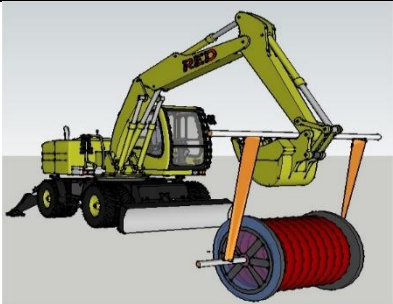
- **Actividades**

Para cumplir con las condiciones necesarias para el correcto transporte se debe utilizar la lista de chequeo # 3 (Ver formato 3) y realizar las siguientes actividades:

1. **Búsqueda** de la tubería en el área de almacenamiento.
2. **Ubicación** del carrete en el tráiler: El transporte debe realizarse en un tráiler lo más cercano a la tierra como sea posible.
  - a. Realice el izaje: El método preferido depende específicamente de la forma y material del carrete. Entre los métodos recomendables para la carga están:

**Tabla 11:** Métodos para realizar el izaje.

Descripción	Esquema
1. Uso de montacargas con un solo eje o montacargas tradicionales con tenedores lo suficientemente largos, los cuales pueden ser introducidos en el eje central de los carretes. El eje del montacargas debe ser insertado completamente en el carrete hasta que salga en el lado opuesto.	

<p>2. Se recomienda el uso de una barra separadora y eslingas al mover los carretes con una grúa. En ausencia de una grúa, se pueden utilizar dos montacargas. La barra se coloca a través del agujero central y un montacargas se coloca en cada lado del carrete. Los montacargas se utilizan para elevar la barra que levantará el carrete.</p>	
--	---

**Fuente:** Kishner, Israel. (5).

- b. Inspeccione visualmente la forma en que se carga la tubería para llevar al área de instalación donde se compruebe el estado de la tubería. Este proceso se debe documentar y firmar por las partes interesadas.
- c. Asegure el carrete con una cadena de manera segura al remolque: se debe tener especial cuidado pues los carretes tienen cargas con más peso en la parte superior y se pueden volcar fácilmente.

**3. Transporte:** Reducir la velocidad y tomar precaución en las curvas durante el recorrido.

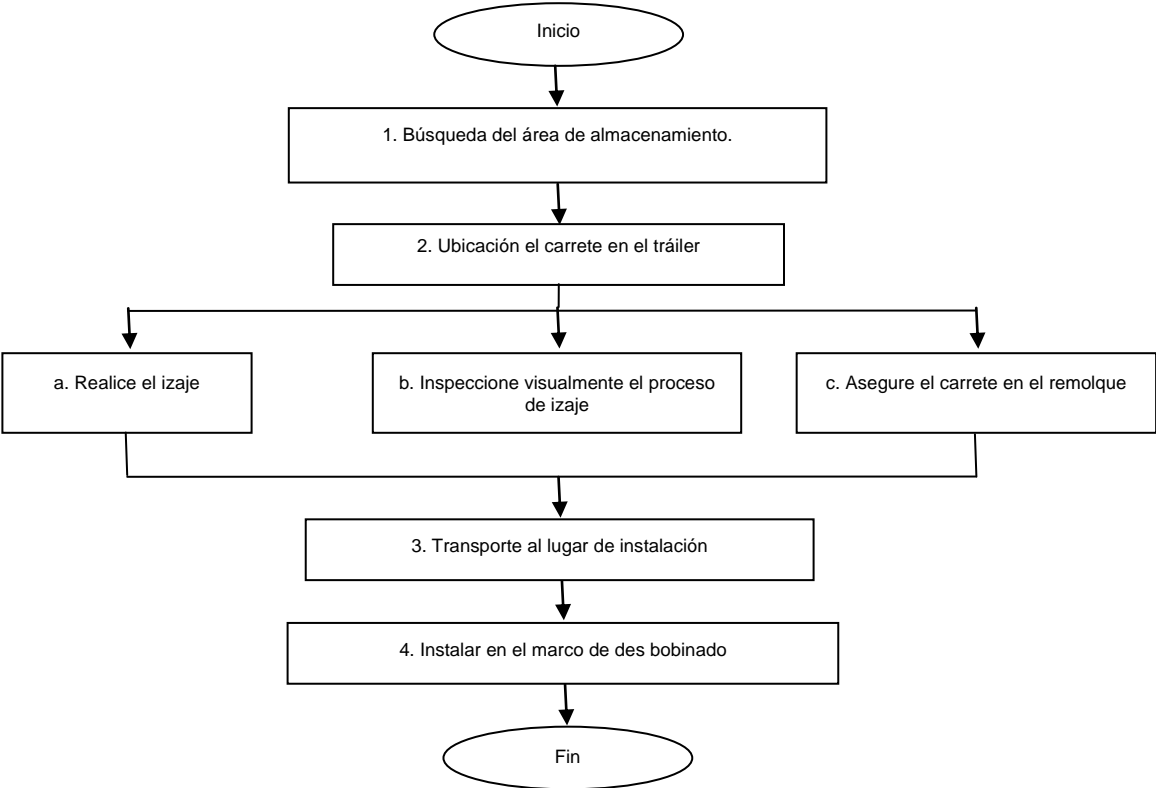
**Nota 5:** *Tenga cuidado con los cables eléctricos aéreos u otras obstrucciones en alto que puedan entrar en contacto con el carrete.*

**4. Instalación en marco:** Al llegar al lugar de instalación, se debe instalar el carrete en el marco de desbobinado adecuado.

**Nota 6:** *La tubería viene sujeta con una serie de correas alrededor de las diferentes capas del bobinado. Nunca se deben usar estas correas para levantar el carrete.*

**5. Registro:** Completar la lista de chequeo # 3 (Ver formato 3)

**Figura 6:** Flujograma para transporte



**Fuente:** Autores

**Formato 3:** Lista de chequeo para transporte

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA INGENIERIA METALURGICA TUBERIA COMPUESTA FLEXIBLE			
	<b>PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE</b>	<b>Lista de chequeo # 3</b>		<b>Septiembre 2013</b>
<b>Transporte</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ESTADO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
El extremo del tubo está atado durante las operaciones de transporte	Si		No	
Se usan cadenas o correas para sujetar el carrete firmemente en el momento de su transporte	Adecuada		Inadecuada	
El carrete de madera se coloca sobre una superficie plana en el momento de la descarga.	Bueno		Deficiente	
Se usan estas correas para levantar la bobina.	Bien ubicado		Inadecuado	
DILIGENCIADO POR: _____ NOTIFICADO A: _____				

**Fuente:** Autores

## C. PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN

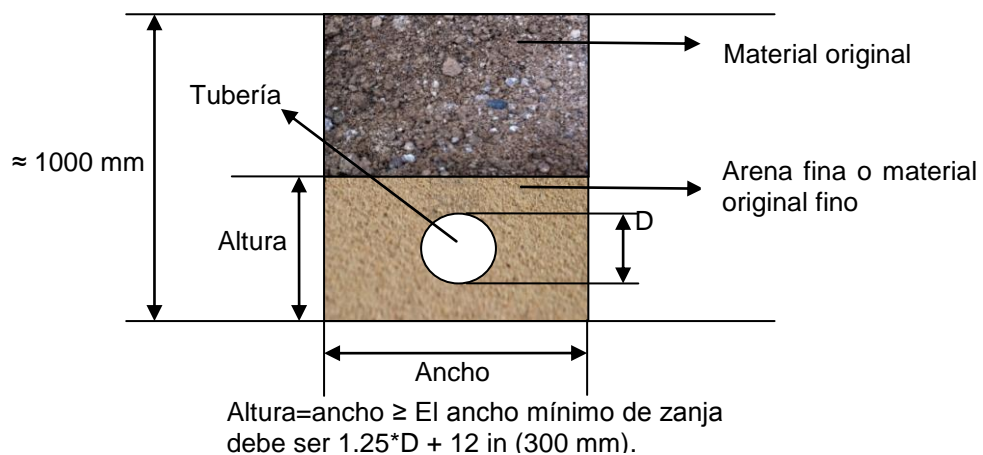
### I. INSTALACIÓN

La superintendencia está atenta en implementar el uso de métodos que conduzcan a una instalación adecuada que garantice el tiempo máximo de vida en servicio de la tubería.

**Actividades:** Para verificar que el método de instalación es el apropiado para la tubería compuesta flexible se debe utilizar la lista de chequeo # 4 (Ver formato 4) y realizar las siguientes actividades:

- 1. Arado:** Una adecuada preparación de la zanja es esencial para obtener un exitoso comportamiento de la tubería. La preparación de la zanja no difiere sustancialmente de los procedimientos usados para instalar otros tipos de tubería.
- 1.1** Realice la excavación de la zanja con retroexcavadora y/o instrumentos manuales como palas; de tal forma que el material extraído quede separado en un solo borde de la zanja, para evitar el deslizamiento de tierra durante la instalación de la tubería. La zanja debe cumplir con las siguientes especificaciones (ver figura 7).

**Figura 7:** Dimensiones de la zanja



**Fuente:** Autores

Se recomienda que el espacio entre el tubo y la pared de la zanja debe ser mínimo de 6 pulgadas (150 mm). Para múltiples tubos en la misma zanja: 2/3 de la media de los radios de los dos tubos adyacentes para profundidades de menos de 12 pies (3,5 m).

**Nota 7:** Se debe preparar únicamente la zanja necesaria para la instalación del tramo de tubería programado.

**1.2** Inspeccione visualmente las zanjas las cuales deben estar preparadas para el tubo. Se debe realizar una inspección a la zanja verificando que el fondo sea bastante liso, nivelado y se encuentra libre de elementos cortantes como rocas. Se debe tener en cuenta que:

**1.2.1** Si esto no se puede evitar es indispensable colocar una ropa de cama de una altura de 15 cm para que pueda reposar la tubería, si el material del terreno natural lo permite puede ser tamizado caso contrario se debe traer material de relleno.

**1.2.2** Verifique que no existan cambios bruscos en toda su extensión. En todos los casos se debe mantener un radio mínimo de curvatura para ello hay que tener en cuenta lo indicado en la tabla 12.

**Tabla 12:** Radios mínimos de las tuberías

Sistema	Radio mínimo	
1	Tamaño 2.38	47"
	Tamaño 2.52	61"
	Tamaño 3.50	70"
2	Diámetro exterior x 16.7	
3	Diámetro nominal 2"	35.039"
	Diámetro nominal 3"	59.843"

**Fuente:** Autores

**1.2.3** La zanja debe estar seca en el momento de instalar la tubería. Si existe presencia de agua y/o barro, este debe ser eliminado.

**2. Tendido:** Se recomienda que el rollo permanezca fijo sobre la cama baja y/o dispositivo de giro para desde ahí ir desenrollando. para el tendido se deben realizar las siguientes actividades:

**2.1** Suelte los serpentines con las medidas de seguridad pertinentes y con especial cuidado ya que la tubería embobinada almacena energía y se puede liberar de forma incontrolada y da lugar a situaciones peligrosas.

**2.2** Hale la tubería tendiéndola cerca de la zanja excavada, en el lado opuesto a la tierra extraída. Para este desenrollamiento existen varias posibilidades como lo indica la tabla:

**Tabla 13:** Métodos para realizar el halado de la tubería

Diámetro	Sistemas	Descripción
Para tubería de 3"	Común en sistema de tubería 2 y 3	Instalación en la punta de la tubería un sistema para agarrar con una eslinga metálica de la cual una retroexcavadora tira la tubería a la vez que un operario va dando giro al carrete
		Instalación en la punta de la tubería un sistema para agarrar con una eslinga metálica de la cual una retroexcavadora tira la tubería, mientras el carrete gira por ayuda de un sistema hidráulico.
Para tubería de 2"	Común en sistema de tubería 1	Se realiza de forma manual con los operarios, el personal del contratista tira de la punta y en zonas intermedias y operario va dando giro al carrete.

**Fuente:** Autores

**Nota 8:** Se recomienda no esperar mucho tiempo para instalar la tubería en la zanja, porque puede presentarse problemas de derrumbe, desmoronamiento del talud y peligro de tránsito.

**2.3** Ubique la tubería dentro de la zanja, después de que la tubería está colocada al lado de la zanja y en toda su extensión se deposita dentro de la zanja de

forma ondulada para compensar las tensiones por cambio de temperatura y hacer que la línea sea más resistente a movimientos sísmicos.

**Nota 9:** *Es recomendable instalar como mínimo tubería 1% mayor en longitud a la longitud de la zanja. Ejemplo: una zanja de 100 metros entran 101 metros de tubo.*

**2.4** Realice las respectivas conexiones con los acoples necesarios.

**2.5** Inspeccione visualmente verificando la integridad de la tubería, buscando posibles daños para así determinar si la tubería es apta para el servicio.

**2.5.1** Realice los cortes de tubería afectada por daños.

**3. Relleno inicial de zanja:** Se debe cubrir el primer pie (30 cm) de cubierta inicial con mucha precaución con la misma materia que se obtenga de las excavaciones, siempre y cuando este sea escogido para que no existan piedras ni objetos cortantes en contacto con la tubería.

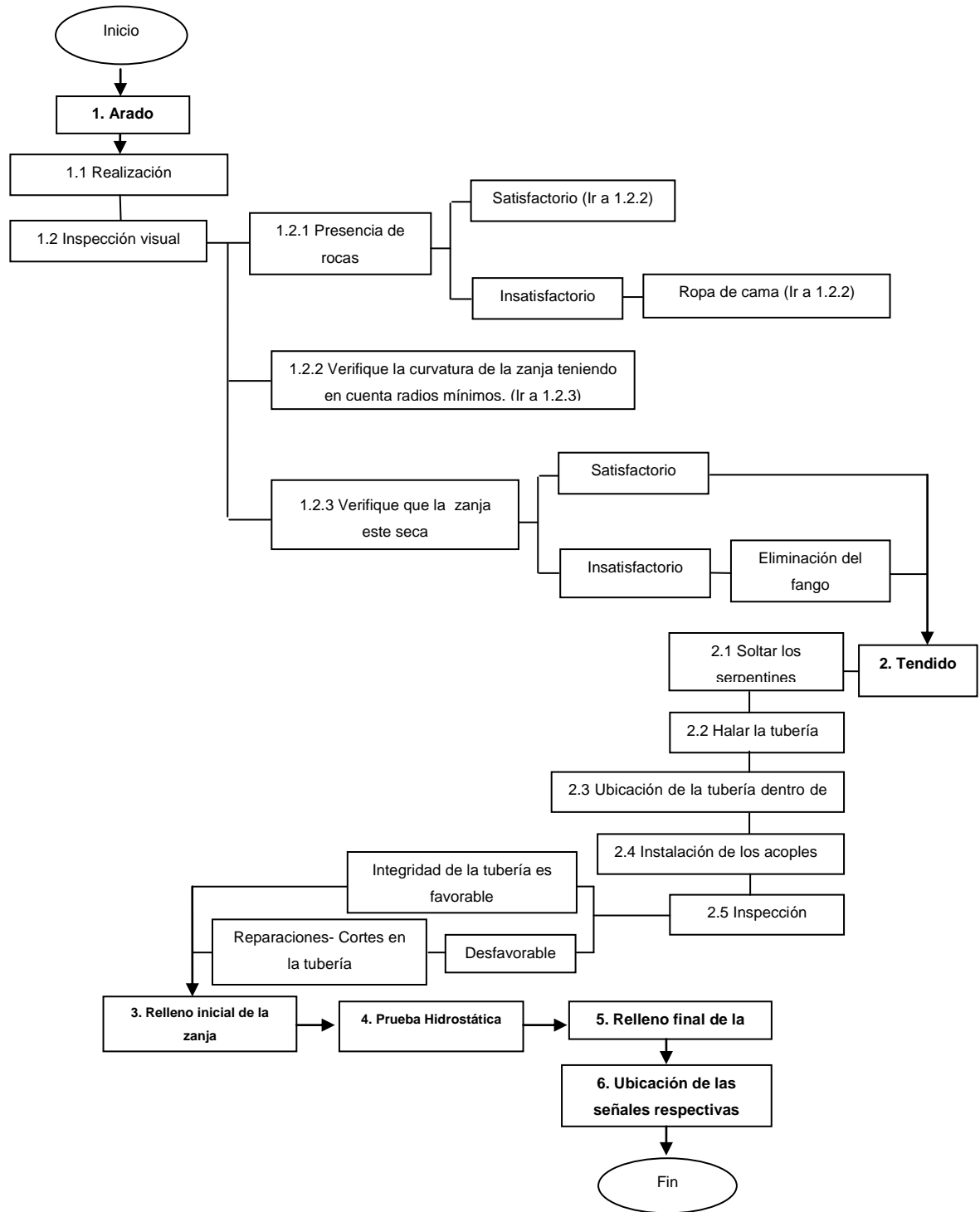
**Nota 10:** *El tubo debe ser cubierto con cuidado, teniendo cuidado de no permitir que los equipos mecánicos entre en contacto con la tubería.*

**4. Prueba hidrostática:** Realización de la prueba de acuerdo a la propuesta “Instructivo para realización de prueba hidrostática” (ver anexo 3) (Opcional) al documento pertinente.

**5. Relleno final de zanja:** Después de realizado la prueba hidráulica se procede a rellenar la zanja hasta el nivel inicial del terreno. Relleno hasta la superficie final procurando restaurarse manteniendo las mismas características originales del terreno. Las piezas grandes de suelo o troncos de árboles se pueden utilizar como relleno una vez que tenga una cubierta razonable sobre el tubo, pero éstos no se deben dejar caer en el conducto durante el proceso de relleno.

**6. Ubicación** las respectivas señales de ubicación de la tubería.

**Figura 8:** Flujograma para instalación



**Fuente:** Autores

**Formato 4:** Lista de chequeo para instalación de tubería compuesta flexible.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA INGENIERIA METALURGICA TUBERIA COMPUESTA FLEXIBLE			
	<b>PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN</b>		<b>Lista de chequeo # 4</b>	
<b>Instalación</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ESTADO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Se limpia el derecho de vía para prepararlo para la apertura de la zanja.	Si		No	
Se realiza una inspección del carrete y la tubería antes de su instalación.	Si		No	
Al empezar a desenrollar/liberar las bobinas, ya se encuentra listo lo necesario para la instalación	Bueno		Deficiente	
El fondo de las zanjas está bastante liso y nivelado.	Si		No	
La tubería se encuentra plana sobre el fondo de la zanja. Sin jorobas	Bueno		Deficiente	
Se usan señales para permitir la fácil localización de la tubería en el futuro.	Si		No	
DILIGENCIADO POR: _____ NOTIFICADO A: _____				

## 5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos de la investigación sobre una metodología para el almacenamiento e instalación de tubería compuesta flexible, se derivan las siguientes conclusiones:

- Para llevar a cabo la presente investigación fue importante obtener conocimiento acerca de la defectología que se presenta en la tubería compuesta flexible con el fin de identificar, clasificar y establecer eficazmente los criterios generales para el buen estado y manejo de la tubería.
- Se encontraron e identificaron en el campo, presencia de fallas en la tubería compuesta flexible (tabla 4) y se pudieron asociar a las etapas de interés de la investigación correspondientes a almacenamiento, transporte e instalación.
- Se encontró que existe una fuerte relación entre el manejo inadecuado de la tubería en las etapas de almacenamiento e instalación con la posibilidad de generación de fallas. Los daños generados durante estas etapas, pueden presentar fallas que ocasionan deterioro principalmente en la capa exterior de la tubería, produciendo una disminución en sus propiedades mecánicas, pudiendo repercutir en su buen funcionamiento.
- En la revisión del campo se identificaron situaciones críticas como falta de capacitación frecuente, ausencia de procedimientos escritos para llevar a cabo las etapas estudiadas, así como la prueba hidrostática, ausencia de controles y auditorías y demás (ver tabla 7). La detección de dichas debilidades permitirá plantear oportunidades de mejora en la gestión del almacenamiento e instalación.

- Como medida preventiva es sumamente importante identificar las etapas críticas que involucran al manejo de la tubería compuesta flexible puesto que es imprescindible tener controles adecuados en ellas evitando poner en riesgo la integridad de la misma.
- Se establecieron procedimientos escritos para las líneas de transporte de crudo con características de 2-3 pulgadas de diámetro, presión de 700 psi y temperatura de trabajo máxima de 60 °C, para los procesos de almacenamiento, transporte e instalación, realizando adicionalmente un instructivo complementario para la prueba hidrostática basado en normas consultadas.
- La inspección visual es una técnica fundamental en la evaluación no destructiva de las actividades de almacenamiento e instalación en el campo petrolero, por ello es necesario realizarla de manera programada y documentada con sus respectivos registros. El éxito de la misma dependerá del cuidadoso diseño de las acciones a realizar antes, durante y posteriores a la inspección

## 6. RECOMENDACIONES

Concluida la presente investigación se recomienda:

- Implementar y evaluar la metodología planteada en la presente investigación en un campo petrolero con el fin de valorar la propuesta, verificar su efectividad y de ser necesario agregar, modificar y corregir pautas, procedimientos y/o factores que no fueron tenidos en cuenta en los alcances de esta investigación.
- Continuar el estudio realizando metodologías para tuberías compuestas flexibles con diámetros mayores a 3 pulgadas y presiones superiores a 700 psi para generar mejores prácticas.
- Realizar una investigación que contemple una propuesta precisa para la realización de prueba hidrostática aplicables a tuberías compuestas flexibles.
- Complementar la presente investigación, incluyendo el análisis de fallas que se pueden presentar por manipulación inadecuada de acoples propios de cada sistema, aportando procedimientos completos para la tubería compuesta flexible.
- Determinar un programa integral de auditoría frecuente para el seguimiento del cumplimiento de actividades que se encuentren relacionadas directamente con la protección de la integridad y mantenimiento de tuberías compuestas flexibles.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARCINIEGAS, J.. *Instalacion de tuberías no metalicas en lineas de superficie en los pozos del campo la cira-infantas*. Bucaramanga: XI Congreso Nacional de Corrosión. (2011)
2. DALMOLEN, B. Reinforced thermoplastic pipeline (rtp) systems for. *23rdWorld Gas Conference*. Amsterdam . (2006).
3. ECOPETROL S.A. (2011). Corrosión: primer consumidor de acero en el mundo. *INNOVA EDICIÓN 07 - Diciembre 2011* .
4. FARSHAD, M.. *Plastic Pipe Systems:Failure investigation and diagnosis*. Great Britain: ELSEVIER. (2006)
5. KISHNER, I.. *pskcolombia*. [En línea] [citado el 3 de febrero de 2013], Disponible en: [http://pskcolombia.com.co/PSK\\_2012/PSK\\_RECURSOS\\_files/THERMOFLEX ESPANOL \(2011\).pdf](http://pskcolombia.com.co/PSK_2012/PSK_RECURSOS_files/THERMOFLEX ESPANOL (2011).pdf) (2011)
6. Krishnaswamy, R. K. (2005). Analysis of ductile and brittle failures from creep rupture testing of high-density polyethylene (HDPE) pipes. *Polymer* , 11664.
7. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API). Norma ANSI/API SPECIFICATION 17J; Specification for Unbonded Flexible Pipe. (2008). API Publishing Services.
8. \_\_\_\_\_. Norma API 15S, Qualification of Spoolable Reinforced Plastic Line Pipe. (2006). API publications.
9. \_\_\_\_\_. Norma API 17B; Recommended Practice for Flexible Pipe. (1998). API Publishing Services.
10. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). Norma ASTM D1598 – 02 Standard Test Method for Time-to-Failure of Plastic Pipe Under

Constant Internal Pressure. (2009). ASTM Internacional DOI:10.1520/D1598-02R09.

11.\_\_\_\_\_.Norma ASTM D1599-99, Standard Test Method for Resistance to Short-Time Hydraulic Pressure of Plastic Pipe, Tubing, and Fittings. (2011). ASTM Internacional,DOI: 10.1520/D1599-99R11.

12.\_\_\_\_\_.Norma ASTM D2122 – 98; Standard Test Method forDetermining Dimensions of Thermoplastic Pipe and Fittings. (2004). ASTM Internacional;DOI: 10.1520/D2122-98R10.

13.\_\_\_\_\_.Norma ASTM D2513 – 13 Standard Specification for Polyethylene (PE) Gas Pressure Pipe, Tubing, and Fittings. (2013). ASTM Internacional DOI: 10.1520/D2513-13.

14.\_\_\_\_\_.Norma ASTM D3350, Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials. (2013,DOI: 10.1520/D3350-12E01). ASTM Internacional.

15.\_\_\_\_\_.Norma ASTM D3839; Standard Guide for Underground Installation of “Fiberglass” (Glass-FiberReinforced Thermosetting-Resin) Pipe. (2008). ASTM Internacional; DOI:10.1520/D3839-08.

16.\_\_\_\_\_.Norma D2837-11 Standard Test Method for Obtaining Hydrostatic Design Basis for Thermoplastic Pipe Materials or Pressure Design Basis for Thermoplastic Pipe Products. (2011). ASTM Internacional; DOI:10.1520/D2837-11.

17. CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA).Norma Z662.1-07 Oil and gas pipeline systems. (2007). Sudi Kalra.

18. P. Hutar̃, L. S. (2009). Special fracture mechanics specimens for multilayer plastic pipes testing. *Polymer Testing* , 28, 785.

19. POVEDA, G. I., & ROJAS, M. A. (2012). *Guía recomendada para selección y uso de tuberías de materiales compuestos para aplicación en líneas de flujo de la VPR. PIEDECUESTA - SANTANDER*,: Ecopetrol S.A.
20. PSK COLOMBIA. (s.f.). [En línea] [Citado el 14 de Febrero de 2013], Disponible en: [http://pskcolombia.com.co/PSK\\_2012/PSK\\_EMPRESA.html](http://pskcolombia.com.co/PSK_2012/PSK_EMPRESA.html)
21. VIZCAYA, C. D. (2009). *Estudio del proceso de crecimiento lento de grieta en el polietileno de alta densidad para su aplicación en tubería.*

## ANEXOS

### Anexo A : Formato lista de chequeo

Análisis de tuberías flexibles			
Verificación de los procedimientos existentes			
Lista de chequeo			
Fecha:			
Tipo de tubería:	Cantidad de carretes:	Longitud:	Identificación:
Realizada por: Evelid Peinado-Diana Sierra-UIS			
Característica a analizar	Cumple		Observaciones
	Si	No	
<b>Lugar de almacenamiento</b>			
¿La tubería tiene protección contra humedad?			
¿La tubería tiene protección contra rayos UV?			
¿El extremo del tubo está atado durante las operaciones?			
¿Desempacan los carretes para almacenarlos?			
¿El producto llega cubierto?			
¿Los extremos de los tubos se encuentran tapados y protegidos?			
¿La tubería se coloca en un lugar seguro, lejos del tráfico y otras operaciones? Tener en cuenta lubricantes hidráulicos o aceites, gasolina, solventes o materiales agresivos y procesos de soldadura.			
¿Si el tubo sufre algún daño se marca ubicación del sitio?			
¿Las correas que atan la tubería están sujetas hasta que se requiere la tubería para su uso?			
¿El piso se encuentra nivelado, plano y libre de obstáculos?			
¿De qué manera se clasifican y/o ordenan las bobinas en la bodega de almacenamiento? De acuerdo al diámetro, presión, orden de llegada...			
¿El lugar es suficientemente amplio para el libre desplazamiento de la tubería?			
En caso de que el suelo no sea compacto; ¿Los carretes tienen algún soporte adecuado para evitar que las bridas se hundan en el suelo?			
¿El carrete está bloqueado para asegurarse que no puede rodar?			
¿En el lugar hay pendientes en el suelo?			
¿Cerca de la tubería hay presencia de objetos cortantes, como por ejemplo piedras?			
¿Los carretes son almacenados en su embalaje original?			
<b>Carretes</b>			
¿Los carretes están almacenados en posición vertical?			
¿El transporte del carrete se realiza lo más cercano a la tierra como sea posible?			
<b>Levantamiento</b>			
¿Se conoce el procedimiento para el izaje, de cargas, plan de izaje de cargas?			

¿Cuándo se utiliza montacargas, el tenedor del montacargas se desliza por debajo de los radios centrales del carrete?			
¿Los carretes son levantados de su parte superior?			
¿El levantamiento de los carretes mediante el uso de un cabestrillo se realiza envolviendo la eslinga alrededor de la tubería en el punto más alto del carrete?			
¿Las eslingas, ganchos o cadenas están en contacto directo con la tubería?			
¿La tubería está asegurada por correas alrededor de las diferentes capas del carrete?			
¿El levantamiento se realiza sujetando de las correas anteriormente mencionadas?			
¿Se pone un refuerzo en el carrete, de tal manera que no se deslice?			
¿Se levantan las eslingas hasta que se colocan en la parte superior y en el centro del carrete?			
<b>Planeamiento y Preparación de la Instalación</b>			
¿Se determinó el tamaño y/o cantidad a instalar?			
¿Se realiza una planificación previa al trabajo?			
¿Se realiza una evaluación de Seguridad del Trabajo?			
¿Se determinó el valor de presión de trabajo?			
¿Se conoce el tipo de tubería a instalar?			
¿Se conoce la temperatura de operación del fluido?			
¿Se determinó la composición química del fluido que estará dentro de la tubería?			
¿Se determino la tensión requerida para el halado de la tubería?			
¿Se determina el tipo de cable o soga que se utiliza durante la operación de halado?			
¿Se utiliza accesorios del mismo tamaño de la tubería?			
¿Cuándo es cortada la tubería se realiza la debida limpieza?			
<b>Transporte de campo</b>			
¿Se apilan más de dos carretes (posición horizontal)?			
¿Se usan cadenas o correas para sujetar el carrete al camión firmemente en el momento de su transporte?			
¿Los carretes son levantados utilizando montacargas, grúas o retroexcavadora?			
¿Se ubican los bordes de las bridas una contra otra cuando se realiza su transporte?			
<b>Instalación</b>			
¿Se utiliza un equipo de enrollamiento con sus respectivas medidas de seguridad?			
¿El desenrollo de la tubería se realiza con retroexcavadora?			
Antes de que el carrete se encuentre en la ubicación correcta ¿se han quitado las bandas de embalaje?			
Al empezar a desenrollar/liberar los carretes, ¿ya se encuentra listo lo necesario para la instalación?			
¿Al soltar la tubería, esta ya se encuentra en el camino correcto a instalar?			
¿Cuando se suelta el extremo del tubo exterior, este está sujeto a un punto fuerte?			
¿Se tiene precaución en el des-enrollamiento para evitar que			

el carrete se des-bobine?			
¿Se cuenta con un sistema de indicadores de carga de tracción?			
¿Se desenrolla la tubería desde la parte baja del carrete?			
¿Cuándo se usa remolque de instalación, este permanece fijo o en movimiento?			
<b>Arado</b>			
¿Está preparado el derecho de vía?			
¿El arado tiene una guía situada en la parte frontal?			
¿La zona de seguridad esta identifica con: marcas, estacas, tornos pintados, cinta o pintura sobre el terreno?			
¿El extremo del tubo tiene una ranura para que la eslinga de nylon o gargantilla de cable se pueda conectar en el tubo?			
¿Hay cambios en la profundidad de arado a lo largo de la trayectoria a instalar?			
<b>Trincheras o zanjas</b>			
¿El fondo de las zanjas está bastante liso y nivelado?			
¿Las curvas de las zanjas tienen el ancho del radio de curvatura mínimo especificado?			
¿Se limpia el derecho de vía para prepararlo para la apertura de la zanja?			
¿La zanja está seca en el momento de instalar la tubería?			
¿El fondo de la zanja tiene objetos cortantes, limpia sin palos o rocas?debajo de la tubería?			
¿La tubería es inspeccionada antes de la prueba o la cubierta?			
¿Los cambios de dirección en la zanja son graduales teniendo en cuenta la presión de trabajo de la tubería?			
¿La zanja cumple con la profundidad requerida para enterrar la tubería?			
¿Se realiza una inspección del carrete y la tubería antes de su instalación?			
<b>Tendido</b>			
¿Se mantiene el control durante el des-enrollamiento de la tubería del carrete?			
¿En recorridos rectos el burrito esta estático mientras se hala la tubería?			
¿Luego del des-enrollamiento se dejan jorobas en la tubería?			
¿Cuando se coloca la tubería en la zanja se serpentea la tubería?			
¿La tubería se encuentra plana sobre el fondo de la zanja?			
¿Se mueve la tubería con una cadena o eslinga atada en un punto?			
Quando se presenta una curva en la zanja. ¿Dónde se posiciona la tubería?			
¿Se realizó inspección visual al finalizar la etapa?			
¿Cuántas líneas se instalaron en la zanja?			
<b>Relleno</b>			
¿El material de tapado es tamizado?			
¿El primer 1 pie (30 cm) de la cubierta de relleno contiene piedras grandes y afiladas?			
¿Se utiliza bultos de cemento (o mezcla arena cemento) para			

mantener firme tubería en los terrenos fangosos y/o cruce de ríos?			
¿Se realiza el relleno por capas compactadas?			
¿Se usan señales para permitir la fácil localización de la tubería en el futuro?			
<b>Prueba hidrostática</b>			
Cuando se elimina todo el aire dentro de la tubería. ¿Se sellan los orificios de ventilación y se prepara para la prueba?			
¿Se cuenta con el manómetro adecuado y con los certificados de calibración vigentes?			
¿Se realiza la prueba hidrostática con agua limpia?			
¿Las pruebas pueden llevarse a cabo en el sistema completo o por partes?			
¿La tubería está tapada y compactada en su totalidad antes de realizar la prueba?			
¿La zanja de la tubería se rellena, dejando sólo las conexiones al descubierto?			
¿Se aumenta la presión lentamente hasta comprobar que no haya fugas en las conexiones expuestas?			
¿Se aumenta la presión a incrementos lentamente y se mantiene durante 5 a 15 minutos en cada incremento?			
¿El tubo se deja estabilizar con presión durante un periodo de tiempo?			
¿Existen cambios de temperatura en el líquido de prueba?			
<b>Condiciones de seguridad operarios protección personal Epp</b>			
Cascos			
Lentes de seguridad			
Botas con punta de acero			
Overoles			
Guantes			
Tapa bocas			
Los operadores están capacitados apropiadamente en el proceso de instalación.			

**Fuente:** Autores

## Anexo B : Formato encuesta

 Universidad Industrial de Santander CONSTRUIMOS FUTURO	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA INGENIERIA METALURGICA <b>TUBERIA COMPUESTA FLEXIBLE</b>	<b>Septiembre 2013</b>
	<b>ENCUESTA</b>	

**Nota:** Esta encuesta sirve como apoyo a la investigación, su aplicación es de carácter netamente académico. Agradecemos su objetividad y sinceridad al responderla. Gracias

Marque con una X donde corresponda. Notaciones: (# D, S, M, A) hace referencia a (# días, semanas, meses, años, etc.)

### GENERALIDADES

- ¿De cuáles de las siguientes tuberías tiene conocimiento?  
Polyflow  Fiberspar  Soluforce  Otros  Cual: \_\_\_\_\_
- ¿Antes de realizar el trabajo ya sea de almacenamiento o instalación conoce la tubería que va a trabajar? Si \_\_\_ No \_\_\_

### ALMACENAMIENTO

- ¿Existe un área exclusiva para el almacenamiento de esta tubería? Sí \_\_\_ No \_\_\_
- ¿Cuáles controles se realizan sobre las condiciones del lugar de almacenamiento?  
Humedad  Cual: \_\_\_\_\_ Frecuencia del control: \_\_\_\_\_ (# D, S, M, A)  
Radiación solar  Cual: \_\_\_\_\_ Frecuencia del control: \_\_\_\_\_ (# D, S, M, A)  
Nivel de terreno  Cual: \_\_\_\_\_ Frecuencia del control: \_\_\_\_\_ (# D, S, M, A)  
Temperatura  Cual: \_\_\_\_\_ Frecuencia del control: \_\_\_\_\_ (# D, S, M, A)  
Otros  Cual: \_\_\_\_\_ Frecuencia del control: \_\_\_\_\_ (# D, S, M, A)

### INSTALACION

- ¿Tiene conocimiento sobre el manual de instalación que brinda el fabricante de la tubería? Si \_\_\_ No \_\_\_
- ¿se lleva a cabo la planificación del trabajo? Sí \_\_\_ No \_\_\_  
¿Cómo? \_\_\_\_\_  
¿Con cuánto tiempo de anticipación se planifica el trabajo a realizar? \_\_\_\_\_ (# D, S, M, A)
- ¿Se realizan charlas de seguridad antes de iniciar el trabajo? Si \_\_\_ No \_\_\_
- ¿Se realizan charlas sobre el manejo de esta tubería? Si \_\_\_ No \_\_\_  
Frecuencia de charlas: \_\_\_\_\_ (# D, S, M, A)
- ¿Cuenta con certificación para la instalación de este tipo de tuberías? Si \_\_\_ No \_\_\_
- ¿Cuáles han sido las mayores dificultades a instalar y/o manejar este tipo de tubería?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Comentarios generales:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Fuente:** Autores

## Anexo C : Propuesta “Instructivo para realización de prueba hidrostática”

 Universidad Industrial de Santander CONSTRUIMOS FUTURO	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA INGENIERIA METALURGICA TUBERIA COMPUESTA FLEXIBLE	<b>Septiembre 2013</b>
	<b>Instructivo para realización de prueba hidrostática</b>	

**Prueba Hidráulica:** El objetivo de la prueba de presión hidráulica es comprobar que no hay fugas de agua en la línea y que las uniones de las tuberías y conexiones se realizaron en forma correcta. Las pruebas pueden llevarse a cabo en el sistema completo o por partes. La prueba se realiza de la siguiente manera:

**Nota 1:** El siguiente procedimiento se basa en las especificaciones dadas en el documento *Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (DOT), parte 195, subparte E. para líquidos peligrosos.*

- 1.1 Inmovilice la sección de la tubería contra el movimiento para evitar una falla catastrófica.
- 1.2 Desconecte y aisle todas las líneas de llenado de baja presión y otros elementos que no hacen parte de la prueba.
- 1.3 Determine la presión de la columna hidrostática: las pruebas y las mediciones de presión deben llevarse a cabo preferiblemente en el punto más bajo de la línea. Cuando no sea posible se debe hacer los ajustes de presión que incorpore el efecto de la columna hidrostática; para ello se halla:

$$P_H = (1.4222) * Z$$

*P<sub>H</sub>*: presión de la columna hidrostática (psi)

*Z*: Diferencia de elevación entre el punto más bajo en la sección de prueba y lugar de la prueba (Metros)

- 1.4 Fase inicial: Halle la presión de expansión P<sub>E</sub> que es la diferencia entre:

$$P_E = (MAOP - P_H) * 1.35$$

*MAOP: presión máxima de operación*

*1.35: factor de la presión objetivo (1.25) más el 10% (1.25 + 0.10 = 1.35)*

**1.5** Presurice la línea permitiendo que se homogenice la temperatura del líquido en toda la línea. Se recomienda esperar por lo menos una hora entre el llenado y la presurización de la línea. La temperatura del líquido de la prueba debe estar por debajo de los 27°C con el fin de acelerar la equalización de la temperatura del líquido con la temperatura del suelo. Nunca se debe superar la temperatura máxima de operación de la tubería que se muestran a continuación:

**Tabla 1:** Temperaturas máximas de operación.

Sistema	Temperatura
1	65.56°C
2	60°C
3	65.5°C

**Fuente:** Autores

**1.6** Llene completamente con el líquido la sección a ser probada, asegurándose que se purgue complementa la línea. En caso de utilizar agua esta preferiblemente debe ser agua limpia.

**1.6.1** Deje los puntos altos y los extremos abiertos durante el llenado (para permitir la ventilación), esto es necesario para eliminar cualquier bolsa de aire.

**1.6.2** Las aperturas y los cierres de las válvulas se deben realizar lentamente y en secuencia para evitar golpes de ariete y para evitar cualquier posible formación de vacío dentro de la tubería que podría causar su colapso.

**1.7** Mantenga la anterior presión dentro de +0 PSI / -10 PSI durante cuatro (4) horas. Se requerirá introducir más líquido para mantener la presión. No es necesario controlar la cantidad de líquido adicional durante la fase inicial de expansión.

**1.8** Inmediatamente después de las cuatro (4) horas iniciales de la fase de expansión, la fase de prueba puede comenzar. Para ello halle la presión de prueba (PT):

$$P_T = (MAOP - P_H) * 1.25$$

La fase de prueba comienza en la presión de expansión  $P_E$  y se debe llevar a  $P_T$  o por encima durante las siguientes 8 horas y mantenerse en ese rango. Si durante las 8 horas adicionales no se presentan fugas entonces la capacidad de la tubería se ha verificado. Durante la prueba se podrán dar cambios en la presión originados en variaciones en la temperatura. Sin embargo, la presión no puede ubicarse por debajo de la presión objetivo.

**Nota 2:** *Durante la prueba el equipo de monitoreo de presión así como las mangueras deben protegerse de la exposición directa al sol u otras fuentes de cambio de que puedan originar lecturas de presión erróneas. Idealmente, las pruebas deben llevarse a cabo y las mediciones de presión se deben realizar en el punto más bajo de la línea*

**4.9** Registro procedente de la prueba.