

ANÁLISIS NORMATIVO PARA DETERMINAR SI UNA SOLDADURA  
CIRCUNFERENCIAL EFECTUADA EN CORTE Y EMPALME, RECHAZADA  
BAJO API 1104 PUEDE SER REPARADA MEDIANTE EL USO DE CAMISAS DE  
REFUERZO TIPO B.



MONOGRAFÍA PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GESTIÓN  
DE LA INTEGRIDAD Y CORROSIÓN

PRESENTA:

ING. YEINS RICARDO PULIDO CASTILLO

---

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

BOGOTÁ

2020

ANÁLISIS NORMATIVO PARA DETERMINAR SI UNA SOLDADURA  
CIRCUNFERENCIAL EFECTUADA EN CORTE Y EMPALME, RECHAZADA  
BAJO API 1104 PUEDE SER REPARADA MEDIANTE EL USO DE CAMISAS DE  
REFUERZO TIPO B.

YEINS RICARDO PULIDO CASTILLO



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE INTEGRIDAD Y CORROSIÓN  
BOGOTÁ  
2020

ANÁLISIS NORMATIVO PARA DETERMINAR SI UNA SOLDADURA  
CIRCUNFERENCIAL EFECTUADA EN CORTE Y EMPALME, RECHAZADA  
BAJO API 1104 PUEDE SER REPARADA MEDIANTE EL USO DE CAMISAS DE  
REFUERZO TIPO B.

YEINS RICARDO PULIDO CASTILLO

Monografía presentada como requisito para optar al título de ESPECIALISTA EN  
GESTIÓN DE INTEGRIDAD Y CORROSIÓN



Ingeniero JOSÉ ANÍBAL SERNA GIL  
Director de monografía

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE INTEGRIDAD Y CORROSIÓN  
BOGOTÁ  
2020

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá 8 de diciembre de 2020

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	11
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....	11
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA .....	11
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	11
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	12
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>4. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	12
<b>5. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	14
5.1 CAMISA TIPO B O DIVIDIDA.....	14
5.2 SOLDADURA .....	15
5.3 TUBERÍA Y MATERIAL PARA CAMISAS API 5L .....	17
5.4 ENSAYO DE ULTRASONIDO .....	17
5.5 DEFECTOS EN LA SOLDADURA .....	18
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	19
<b>7. DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	20
7.1 ANÁLISIS DE HOJA DE EXCAVACIÓN .....	20
7.2 GEORREFERENCIACIÓN .....	21
7.3 APIQUES.....	21
7.4 DESCAPOTE.....	22
7.5 EXCAVACIÓN .....	22
7.6 LIMPIEZA DEL ÁREA .....	23
7.7 INSPECCIÓN VISUAL E IDENTIFICACIÓN DE ANOMALÍAS.....	23
7.8 MEDICIÓN DE ESPESORES .....	24
7.9 CORTE Y EMPALME .....	25
7.10 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y RESULTADOS.....	27
7.10.1 INSPECCIÓN ULTRASONIDO PHASED ARRAY .....	27
7.10.2 ANÁLISIS PARA REPARACIÓN CON CAMISA TIPO B.....	29
7.11 INSTALACIÓN DE CAMISA TIPO B.....	30
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	32

<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>33</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Ubicación de anomalía	20
Figura 2. Ubicación sentido horario	21
Figura 3. Descapote	22
Figura 4. Terraceo	23
Figura 5 esquema de ubicación	27
Figura 6 esquema de barrido	27
Figura 7 Barrido J13A	28
Figura 8 Barrido J13A	28
Figura 9 ASME B31.4 Numeral 434.1	29
Figura 10 Detalle de camisa tipo B	30
Figura 11 Detalle de camisa tipo B	31
Figura 11 Ajuste de camisa tipo B	31

## LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Medición espesores PK 55+060	24
Figura 2. Medición espesores PK 55+052	24
Tabla 3. Medición espesores PK 55+065	25



## LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo 1. Hoja de Localización de Anomalía y Soldadura	35
Anexo 2. Reporte de inspección ultrasonido	36

## **TITULO**

Análisis normativo para determinar si una soldadura circunferencial efectuada en corte y empalme, rechazada bajo api 1104 puede ser reparada mediante el uso de camisas de refuerzo tipo B.

## **RESUMEN**

En la siguiente monografía se lleva a cabo un análisis normativo basado en una revisión de los estándares aplicables para el diseño, construcción, mantenimiento y reparación de tuberías de transporte de hidrocarburos aplicables a la reparación de defectos en soldadura mediante el uso de camisas tipo B.

## **INTRODUCCIÓN**

En el sector energético es primordial la movilización del petróleo o sus derivados; este traslado se realiza mayormente a través de tuberías impulsadas por estaciones de bombeo o de compresión y por medio de tanques cisterna.

Cuando se realiza por medio de sistemas de tubería (oleoductos, poliductos, gasoductos), se debe garantizar el flujo constante del producto con el fin de generar rentabilidad para la empresa debido a los grandes costos de operación y mantenimiento.

Para garantizar la integridad y seguridad de los sistemas de tubería, se cuenta con programas de inspección, evaluación y mantenimiento los cuales están fundamentados en códigos y estándares internacionales aplicables; teniendo en cuenta las condiciones geográficas, ambientales y operacionales, estos activos se ven expuestos a sufrir daños, los cuales al ser inspeccionados y evaluados pueden requerir reparaciones mecánicas en tramos de tuberías.

Específicamente esta monografía se enfocará en analizar un defecto puntual presentado en un poliducto, el cual ha sido rechazado bajo API 1104 y proponer la solución analizando normativa y técnicamente su viabilidad.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante corte y empalme, los resultados obtenidos mediante la técnica de ultrasonido phased array, reporta fisura de la soldadura en la junta 13A del poliducto Salgar – Bogotá PK 55+050.

### **1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

La fisura es un defecto rechazable bajo el código API 1104

### **1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Es posible reparar esta soldadura defectuosa del PK 55+060 mediante la instalación de camisa de refuerzo tipo B?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Para garantizar el adecuado transporte del petróleo desde los campos a las refinerías y de estas al consumidor final, se debe realizar un excelente mantenimiento a las líneas de tubería que los interconectan a través de la geografía del país. Debido a las condiciones propias de operación, condiciones ambientales y del terreno, los sistemas se ven afectados por factores de daño que perjudican la integridad de estos. Por medio del sistema de integridad apoyado por inspecciones periódicas, se verifica que los sistemas cumplan con las condiciones de operación que se encuentran dentro de los parámetros de confiabilidad establecidos por la empresa.

En caso de identificarse defectos rechazables, estos deben ser atendidos para garantizar que no se pare la operación, este es el caso de la instalación de camisas tipo B, por medio de las cuales se pueden reparar defectos que se encuentren bajo las siguientes condiciones:

- Perdida de metal por corrosión interna o externa.
- Perdida de espesor.
- Abolladuras.
- Daños mecánicos (que no presenten fisura).
- Defectos de soldaduras en cortes y empalmes.
- Reparaciones subestándares.

- Clausura de ilícitos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar si una soldadura circunferencial efectuada en corte y empalme, rechazada bajo api 1104 puede ser reparada mediante el uso de camisas de refuerzo tipo B.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los defectos encontrados durante la soldadura circunferencial efectuada en corte y empalme.
- Analizar normativamente el uso de camisas tipo b como opción de reparación de defectos de soldadura.
- Describir el paso a paso a seguir durante la reparación de defecto presentado en poliducto Salgar - Bogotá.

### **4. MARCO DE REFERENCIA**

En el año 2012 Luna Gomez Juan Carlos, Telles Tirado Cesar y González Pineda Manuel, realizan una investigación cuyo tema es “reparación de ductos de acero al carbono que transportan gas”, en esta investigación se propone la tesis de desarrollar un procedimiento para instalación de envolventes metálicas soldadas (camisas tipo b), para la reparación de daños presentados por fabricación o por servicio en la tubería en operación. Para ello realizan la calificación de WPS para soldadura de tubería en servicio, tomando como referencia los lineamientos del apéndice B “In service welding” del API 1104.

Para la calificación del procedimiento se realizaron dos ensayos de tensión, cuatro ensayos de doblez de cara, dos ensayos de doblez de raíz, dos ensayos de doblez lateral, seis ensayos de rotura por entalle y dos ensayos de perfil de durezas

Vickers; estos ensayos arrojaron valores conformes por lo tanto dan validez al procedimiento.

Los rangos de diámetros exteriores y espesores de pared para los cuales aplica el procedimiento son:

- Diámetro externo: 10.750 pulgadas.
- Espesor de pared tubería: 0.201 pulgadas.
- Espesor de pared de camisa: 0.432 pulgadas.

Para el caso del material de las camisas, este debe ser fabricado a partir de tubería nueva, en este caso API 5L grado B, carbono máximo en la tubería en peso 0,24 y esfuerzo mínimo de cedencia 35.000 PSI.<sup>1</sup>

En el año 2017, Mejía Rizo Lily Johana, en investigación titulada “VENTAJAS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE REPARACIÓN EN DEFECTOS TIPO PITTING CON FUGAS Y/O CLAUSURA DE VÁLVULAS ILÍCITAS QUE PRESENTAN FUGAS”, referencia normativamente el uso de envolventes metálicas y grapas pernadas; estas técnicas de reparación se encuentran contempladas en estándar de postconstrucción ASME PCC-2, en el artículo 2.6 se establecen los requisitos para el diseño y construcción de camisas tipo A y B, validando su uso y catalogándolas como un método eficaz de reparación.<sup>2</sup>

En tesis realizada en 2018, Medina Martínez Víctor José propone desarrollar modelo analítico, para evaluar el comportamiento mecánico de sistemas de refuerzo de ductos, con este modelo se propone evaluar el comportamiento mecánico y variables asociadas a dilataciones térmicas en el relleno epoxico aplicado en el interior de los refuerzos metálicos camisa tipo b, en el concluye que aunque la aplicación de este producto alivia la carga sobre la tubería afectada ya que se convierte en un refuerzo activo que reduce la presión.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> LUNA GÓMEZ Juan Carlos. REPARACIÓN DE DUCTOS DE ACERO AL CARBONO QUE TRANSPORTAN GAS. (2012). (en línea). Disponible en: <https://docplayer.es/59782401-Instituto-politecnico-nacional.html>

<sup>2</sup> MEJÍA RIZO Lily Johanna. VENTAJAS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE REPARACIÓN EN DEFECTOS TIPO PITTING CON FUGAS Y/O CLAUSURA DE VÁLVULAS ILÍCITAS QUE PRESENTAN FUGAS. (2017). (en línea). Disponible en: <https://docplayer.es/58837136-Ventajas-del-uso-de-nuevas-tecnologias-de-reparacion-en-defectos-tipo-pitting-con-fugas-y-o-clausura-de-valvulas-ilicitas-que-presentan-fugas.html>

<sup>3</sup> MEDINA MARTÍNEZ Víctor José. DESARROLLO DE UN MODELO ANALÍTICO PARA DISEÑO DE MANGAS METÁLICAS DE REHABILITACIÓN EN TUBERÍAS A PRESIÓN COMO

En monografía realizada en 2010 por Bartolo Hernández Enrique, se hace una recopilación de los ensayos y pruebas que se realizan en la reparación de líneas de transporte de hidrocarburos en servicio, de igual manera se establece una metodología para la rehabilitación de estos ductos mediante el uso de camisas. Además de analizar los distintos factores de daño que se presentan, se enfoca en realizar un análisis sobre el uso de camisas tipo B, siendo estas definidas como recipiente que trabajara a presión el cual es diseñado para contener la presión de la tubería en caso de fuga.

Entre las ventajas identificadas se encuentran las siguientes:

- Pueden contener fuga.
- Son de instalación definitiva.
- Sencillas de instalar.

Los principales defectos que se reparan mediante la utilización de este tipo de técnica son:

- Ranuras.
- Abolladuras.
- Quemaduras por arco.
- Grietas o fisuras.
- Imperfecciones en soldadura (penetración inadecuada, área quemada, inclusiones de escoria, poros, socavados).
- Corrosión.<sup>4</sup>

Encontrándose dentro de los anteriores el tema a tratar en esta monografía.

## **5. MARCO CONCEPTUAL**

### **5.1 CAMISA TIPO B O DIVIDIDA**

Es un tipo de refuerzo metálico el cual consta de dos mitades semicirculares de acero y se sueldan entre si según el diseño, ese tipo de material es utilizado para

---

COMPLEMENTO A LA NORMA ASME PCC2. (2018). (en línea). Disponible en: <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/7931/131533.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>4</sup> BARTOLO HERNÁNDEZ Enrique. REPARACIÓN DE DEFECTOS EN DUCTOS EN SERVICIO DE ACERO API 5L X52 PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS POR MEDIO DE ENVOLVENTES METÁLICAS. (2010). (en línea). Disponible en: <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/265/1/MONO-ETSI-HERNANDEZ.BARTOLO%20%283%29.pdf>

reparar fugas por diferentes defectos presentados en la tubería ya sea asociados a la construcción o por el tiempo de funcionamiento del activo. Estas camisas requieren un proceso de fabricación más avanzado van directamente soldadas entre si mediante dos soldaduras longitudinales y dos transversales dependiendo diseños de construcción o reparación<sup>5</sup>.

## **5.2 SOLDADURA**

Es la unión de dos o más materiales metálicos entre sí, obteniendo como resultado una pieza geométrica previamente diseñada, en términos técnicos es una coalescencia localizada de metal generada por calentamiento a temperaturas adecuadas con o sin material de aporte. En la industria existen diferentes tipos de soldadura. Se debe tener en cuenta que la soldadura cambia las propiedades de los materiales los cuales son soldados.<sup>6</sup>

### **Tipos de soldadura**

Existen aproximadamente cuarenta sistemas de soldar, pero el que se utiliza más para las uniones metálicas es el sistema de soldadura por fusión. En las soldaduras por fusión el calor proporcionado funde los extremos de las piezas y al solidificar se produce la unión. Existen diferentes tipos de soldadura por fusión, pero los más utilizados son dos:

- Soldadura autógena
- Soldadura por arco eléctrico, que es la que se utiliza en estructuras metálicas

### **Soldadura Autógena**

trata de un tipo de soldadura que se emplea en el proceso la fusión, también se conoce con el nombre oxi-combustible u oxiacetilénica. Gracias al uso del soplete, se logra la mezcla entre oxígeno, que es comburente y acetileno, que se trata del combustible, y arden al final del soplete. Mediante la unión de gases, se crea una combustión que es lo que provoca la llama, por lo tanto, La soldadura autógena, se utiliza sobre todo para unir dos piezas mecánicas, sobre todo chapas. Cuando se produce el incremento de la temperatura sobre las piezas se calienta la unión de

---

<sup>5</sup> MEDINA. op. cit, P15

<sup>6</sup> WEST ARCO. (2015).Manual de soldadura {En línea}. Disponible en:  
<https://www.westarco.com/westarco/sp/support/documentation/upload/manual-de-soldadura-2015v2.pdf>

estas hasta el punto de fusión produciéndose así un cordón de soldadura. Es un proceso en el que, normalmente, no se utiliza la aportación de materiales externos. La Soldadura oxi-combustible es compatible con cualquier tipo de metal ya sea aluminio, cobre, etc<sup>7</sup>.

### **Soldadura Por Arco Eléctrico**

Es un proceso de soldadura por fusión en el cual la unión de las piezas metálicas se obtiene mediante el calor de un arco eléctrico entre un electrodo y pieza a soldar. El arco eléctrico es una descarga de corriente eléctrica a través de una separación en un circuito y se sostiene por la presencia de una columna de gas ionizado (llamado plasma), a través de la cual fluye la corriente<sup>8</sup>.

Los procedimientos de soldadura en arco pueden agruparse en tres:

- Con electrodos de carbono.
- Con electrodos de tungsteno en atmósfera de hidrógeno (soldadura al hidrógeno atómico).
- Soldadura con electrodo metálico.

#### **Soldadura con electrodo de carbono.**

No se utiliza en la estructura metálica. El arco salta entre un electrodo de carbón y la pieza a soldar. Este proceso se complementa con metal de aportación.

#### **Soldadura con electrodo de tungsteno.**

El arco salta entre dos electrodos de tungsteno en atmósfera de hidrógeno. El calor del arco disocia las moléculas de hidrógeno, que vuelven a soldarse al contacto con las piezas a unir, desprendiendo una gran cantidad de calor. Este calor funde las piezas y permite que se efectúe la soldadura en ausencia del oxígeno y el nitrógeno del aire.

#### **Soldadura con electrodo metálico revestido.**

Es el procedimiento de unión normalmente utilizado en la construcción metálica, siendo el pionero en que el gran desarrollo de la construcción metálica actual se debe en la mayor parte a este sistema. La unión se consigue al provocar un arco eléctrico entre las piezas a unir y un electrodo que sirve de material de aportación.

---

<sup>7</sup> En que consiste la soldadura autógena. Disponible en: <https://www.euroinnova.co/blog/en-que-consiste-la-soldadura-autogena>.

<sup>8</sup> BURGOS, José. Tecnología de Soldadura. [En línea]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Soldadura\\_por\\_arco\\_el%C3%A9ctrico#:~:text=Es%20un%20proceso%20de%20soldadura,electrodo%20y%20pieza%20a%20soldar](https://www.ecured.cu/Soldadura_por_arco_el%C3%A9ctrico#:~:text=Es%20un%20proceso%20de%20soldadura,electrodo%20y%20pieza%20a%20soldar).



El soldador establece un contacto inicial entre el electrodo y la pieza metálica a soldar con lo que se inicia un flujo de corriente. Se procede a retirar ligeramente el electrodo y se establece un arco, que funde el electrodo y los bordes de la pieza a unir, formándose el cordón de soldadura.

### **5.3 TUBERÍA Y MATERIAL PARA CAMISAS API 5L**

La especificación API 5L del American Petroleum Institute se utiliza principalmente para el transporte de gas natural y petróleo. Estas tuberías API 5L son sin costura y soldadas. Su objetivo principal es el transporte de agua, petróleo y gas de un lugar a otro. La capacidad del fabricante determina el tamaño de la tubería. Un tubo API 5L se fabrica siguiendo las especificaciones establecidas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) 3183. Estandariza los criterios para los materiales, equipos y estructuras costa afuera para las industrias petroquímica, petrolera y de gas natural. PSL 1 y PSL 2 son los dos niveles de especificación de producto que han sido reconocidos por el comité técnico.<sup>9</sup>

### **5.4 ENSAYO DE ULTRASONIDO**

#### **Clasificación de las Indicaciones**

Las indicaciones producidas por el ensayo de ultrasonido no son necesariamente defectos. Los cambios en la geometría de la soldadura debidos a desalineación de los extremos de los tubos colindantes, cambios en el perfil del sobre espesor o sobre monta de la soldadura en raíz del diámetro interior, ID, y los pases de presentación del diámetro exterior, OD, transiciones internas y la conversión del modo de onda ultrasónica debida a tales condiciones pueden ocasionar indicaciones geométricas que son similares a aquellas ocasionadas por imperfecciones de la soldadura, pero que no son relevantes para su aceptabilidad. Las indicaciones lineales se definen como indicaciones con su dimensión mayor en la dirección de la longitud de la soldadura. Las indicaciones lineales típicas pueden ser ocasionadas por los siguientes tipos de discontinuidades, aunque no están limitadas a ellos: penetración inadecuada sin desalineamiento (IP), penetración inadecuada debida a desalineamiento (IPD), inadecuada penetración en la sección transversal (ICP), fusión incompleta (IF), fusión incompleta debida a traslape frío (IFD), inclusión de escoria alargada (ESI), grietas (C), socavado adyacente al pase de presentación (EU) o al pase de raíz (IU) y porosidad alargada o poro túnel (HB). Las indicaciones lineales se definen como indicaciones con su dimensión mayor en

---

<sup>9</sup> Aleación tubos. {En línea} Disponible en: <https://www.tubos-acero-aleacion.com/linea-de-tuberias-api-5l.html>

la dirección de la longitud de la soldadura. Las indicaciones lineales típicas pueden ser ocasionadas por los siguientes tipos de discontinuidades, aunque no están limitadas a ellos: penetración inadecuada sin desalineamiento (IP), penetración inadecuada debida a desalineamiento (IPD), inadecuada penetración en la sección transversal (ICP), fusión incompleta (IF), fusión incompleta debida a traslape frío (IFD), inclusión de escoria alargada (ESI), grietas (C), socavado adyacente al pase de presentación (EU) o al pase de raíz (IU) y porosidad alargada o poro túnel (HB)<sup>10</sup>.

## **5.5 DEFECTOS EN LA SOLDADURA**

En una unión soldada pueden producirse defectos variados; éstos pueden originarse en el tipo de electrodos utilizados, o por las deformaciones producidas por el intenso calor aportado y las anomalías o discontinuidades del cordón, que pueden malograr el aspecto y configuración tanto interna como externa de la soldadura.

### **deformaciones**

En el momento de la soldadura, el material depositado y zonas vecinas a la unión, alcanzan temperaturas muy altas, que al enfriarse se contraen. Si las contracciones no están impedidas por los elementos que rodean la soldadura, se originan deformaciones tales como acortamientos o deformaciones angulares.

Para evitar que se produzcan deformaciones, la soldadura debe efectuarse sin que se aporte excesivo calor.

### **Tensiones residuales**

Cuando la masa fría que rodea la soldadura impide su contracción durante el enfriamiento, se origina en la soldadura y en las piezas unidas un campo de tensiones residuales que requieren ser previstas y controladas para que no resulten riesgosas al combinarse con las de las cargas.

### **Penetración insuficiente**

La falta de penetración en una soldadura a tope genera un defecto interno que no puede detectarse a simple vista. Este defecto debe detectarse con UT, pues no es detectable con RX.

Se produce si el chaflán de la soldadura no está totalmente lleno o cuando el contacto entre el metal base y el metal de aportación no está completo en toda su

---

<sup>10</sup> Welding Of Pipelines And Related Facilities. (2012). tubería para gas; soldadura; soldadura para tubería. Norma API 1004

superficie. Este defecto puede deberse a una falta de definición de proyecto; a veces los talleres realizan las mínimas soldaduras posibles para abaratar costos o no efectúan las preparaciones de borde requeridas por norma. Si se reduce el ángulo del bisel y la separación entre chapas, se reduce también el metal de aportación y no funden correctamente los bordes extremos, produciendo una unión defectuosa

Este es uno de los defectos internos más serios que puede haber en una soldadura. Se produce cuando el electrodo o material de aportación fundido cae sobre el material base.

### **Fisuras o Grietas**

Las fisuras o grietas pueden originarse en forma interna o externa, y es también un defecto grave. Puede que la causa se encuentre en el uso de un electrodo inadecuado o que se ha producido un enfriamiento de la soldadura demasiado rápido generalmente en piezas de espesor considerable que no han sido precalentadas. Cuando el defecto es externo se detecta con líquidos penetrantes y partículas magnéticas. Cuando es interno, solo se detecta con RX y UT.

### **Otros**

Se agregan a éstos una serie de defectos internos también de gran importancia como son: la escoria, depósito de óxido o poros. Entre los externos podemos señalar: entallas, sobre espesores, mordeduras, salpicaduras o proyecciones, rechupes, cebado del arco, desgarres del material, amolado en exceso, marcas de amolado, etc.

## **6. METODOLOGÍA**

Como parte del plan de integridad del poliducto Salgar – Bogotá, se realiza la corrida programada de la herramienta ILI; al analizar los datos arrojados por esta, se determinan zonas de intervención en las cuales se deberá realizar mantenimiento para garantizar la funcionalidad segura del sistema.

En el PK 55+050 se evidencia pérdida de metal externa debido a corrosión; por lo tanto, se planea y programa la atención de esta anomalía; para lo cual se destinan recursos los cuales realizan las siguientes actividades:

- Georreferenciación.
- Apiques.

- Descapote.
- Excavación.
- Limpieza del área.
- Inspección visual e identificación de anomalías.
- Medición de espesores.
- Corte y empalme.
- Ensayos no destructivos y resultados.
- Instalación de camisa tipo B.

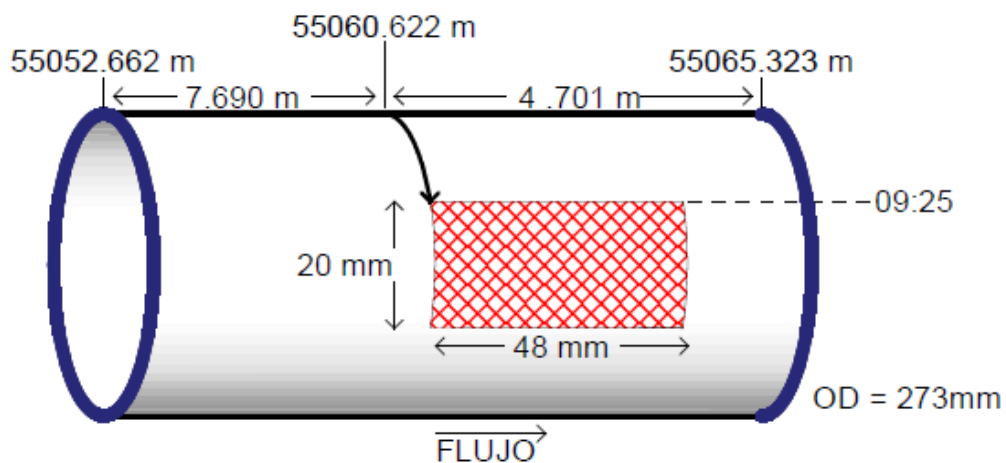
## 7. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 7.1 ANÁLISIS DE HOJA DE EXCAVACIÓN

El análisis de la hoja de localización de anomalía y soldadura, nos indica que en el PK 55+060 se ha detectado pérdida de metal localizada, esta se ubica a 7.960 metros de la junta anterior entre las 9 y las 12 en el sentido de las manecillas del reloj. La pérdida de metal es interna y tiene las siguientes dimensiones:

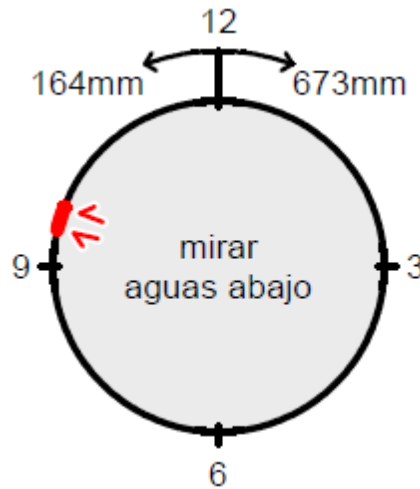
- Profundidad máxima 12%.
- Longitud: 48mm.
- Ancho: 20mm

*Figura 1 Ubicación de anomalía.*



Fuente: Hoja de excavación Anexo 1.

Figura 2 Ubicación sentido horario.



Fuente: Hoja de excavación Anexo 1.

## 7.2 GEORREFERENCIACIÓN

Con el apoyo de un aliado estratégico, se realiza la ubicación del punto de atención de la anomalía; ellos con el uso de equipos GPS submétricos, señalizan por medio de estacas y cinta, el área donde se debe realizar la excavación.

## 7.3 APIQUES

Se realizan apiques con el fin de encontrar el tubo en el área demarcada para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- Descapote del área de apique 0.8m x 1.0m, el material descapotado es acopiado en un área aledaña, teniendo cuidado de su preservación pues fue reinstalado posteriormente.
- Se excava manualmente con taludes prácticamente verticales, una vez alcanzado 1.5m se realiza apuntalamiento con tablonces de formaleta de 0.7m x 1.0 m y parales de madera; adicionalmente se va verificando con una varilla

como medida preventiva para detectar la profundidad a la cual se encuentra la tubería.

- La extracción del material del apique se realiza en forma manual utilizando palas y picas, de acuerdo a la compactación del terreno, ubicándolo a un solo lado de la zanja y evitando que se mezcle con material del descapote o de desperdicio (Raíces, Basuras, etc.) y poder ser reutilizado posteriormente para el relleno.
- Los materiales de la excavación se ubican alejados del borde del apique como mínimo a 1 metro, para evitar sobrecargas y que el material ruede nuevamente a ella.
- El tubo es identificado aproximadamente a 2.8m; se realizan dos apiques en las mismas características y se identifican las juntas aledañas a la anomalía.

#### **7.4 DESCAPOTE**

Se realiza el retiro del material vegetal que contiene materia orgánica, aproximadamente 0.30m de profundidad, el material es trasladado a un sitio que se ha acondicionado para su preservación en cuanto se atiende la anomalía.

*Figura 3 Descapote*



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=shKgkwU5vRA>

#### **7.5 EXCAVACIÓN**

Se realizo delimitación del área a excavar, utilizando cinta para la señalización temporal teniendo en cuenta el ingreso de vehículos de carga y personal al área de la excavación.

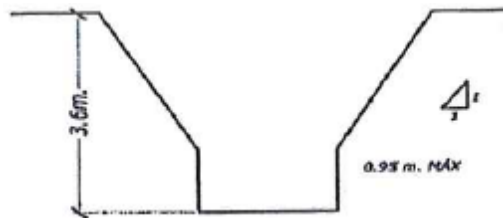
Se realizo la ubicación de la excavadora tipo retrocargador CAT 510; se inicia haciendo una zanja de 1.5m de ancho aproximadamente, esta se fue ampliando en

relación 1:2 creando un talud con un ángulo aproximado de 12°; de allí se fue ampliando el terreno hasta conseguir la profundidad 2.8m.

La tierra se dispone alrededor de la misma excavación, teniendo en cuenta que se encuentre a una distancia de 3 metros del borde de la excavación.

Se realiza terraseo de la excavación para garantizar la seguridad del personal en la zanja, teniendo en cuenta que al ser una excavación entre 2.5m y 3.5m que no tiene en su parte inferior paredes verticales soportadas, la inclinación es de 1:1 y la pared inferior no alcanza 1m.

*Figura 4 Terraseo*



Fuente: Autor

Se amplía la excavación hasta ubicar la junta anterior y posterior a la referenciada en la hoja de localización de anomalía y soldadura.

## **7.6 LIMPIEZA DEL ÁREA**

Una vez finalizada la excavación, se procede a liberar la tubería sobre polines de saco suelo ubicados cada 3 metros. Se realiza la limpieza de la tubería entre las juntas, por medio de estopa y agua con el fin de dejar la superficie libre de suciedad.

## **7.7 INSPECCIÓN VISUAL E IDENTIFICACIÓN DE ANOMALÍAS.**

El profesional QC realiza inspección visual del estado del recubrimiento de la tubería en el área liberada; con cinta métrica se miden 7.690 m aguas arriba y se realiza marcación del área comprendida entre las 9 y las 12; posteriormente con el fin de confirmar la ubicación, se realiza la miden 4.701m aguas abajo y se verifica que se encuentra conforme a lo estipulado en la hoja de localización de anomalía y soldadura.

## 7.8 MEDICIÓN DE ESPESORES

Se realiza el retiro del recubrimiento dejando 30cm despejado alrededor del área identificada; posteriormente se verifica que el equipo para medición de espesores se encuentre calibrado y se procede a realizar la medición obteniendo los siguientes datos:

*Tabla 1 Medición espesores PK 55+060*

Ítem	∅	ESPESOR mm	ESP. NOMINAL mm	DIFERENCIA mm	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
1	10	4.35	9.39	5.04	55+060	3 posición horaria
2	10	7.36	9.39	2.03	55+060	3 posición horaria
3	10	6.35	9.39	3.04	55+060	3 posición horaria
4	10	5.32	9.39	4.07	55+060	6 posición horaria
5	10	4.2	9.39	5.19	55+060	6 posición horaria
6	10	4.19	9.39	5.20	55+060	6 posición horaria
7	10	4.17	9.39	5.22	55+060	9 posición horaria
8	10	4.17	9.39	5.22	55+060	9 posición horaria
9	10	4.13	9.39	5.26	55+060	9 posición horaria
10	10	4.12	9.39	5.27	55+060	12 posición horaria
10	10	4.12	9.39	5.27	55+060	12 posición horaria
10	10	4.12	9.39	5.27	55+060	12 posición horaria

Fuente: Autor

Se procede a realizar la medición de espesores en la junta inmediatamente anterior a la ubicación de la anomalía en sentido de flujo con los siguientes resultados:

*Tabla 2 Medición espesores PK 55+052*

Ítem	∅	ESPESOR mm	ESP. NOMINAL mm	DIFERENCIA mm	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
1	10	7.35	9.39	2.04	55+052	3 posición horaria
2	10	8.02	9.39	1.37	55+052	3 posición horaria
3	10	8.65	9.39	.74	55+052	3 posición horaria
4	10	7.35	9.39	2.04	55+052	6 posición horaria
5	10	6.98	9.39	2.41	55+052	6 posición horaria
6	10	8.03	9.39	1.36	55+052	6 posición horaria



7	10	8.04	9.39	1.35	55+052	9 posición horaria
8	10	8.69	9.39	.70	55+052	9 posición horaria
9	10	8.23	9.39	1.16	55+052	9 posición horaria
10	10	8.36	9.39	1.03	55+052	12 posición horaria
10	10	7.98	9.39	1.41	55+052	12 posición horaria
10	10	8.02	9.39	1.37	55+052	12 posición horaria

Fuente: Autor

Se procede a realizar la medición de espesores en la junta inmediatamente posterior a la ubicación de la anomalía en sentido de flujo con los siguientes resultados:

*Tabla 3 Medición espesores PK 55+065*

Ítem	∅	ESPESOR mm	ESP. NOMINAL mm	DIFERENCIA mm	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
1	10	9.01	9.39	.38	55+065	3 posición horaria
2	10	8.9	9.39	.49	55+065	3 posición horaria
3	10	8.65	9.39	.74	55+065	3 posición horaria
4	10	8.36	9.39	1.03	55+065	6 posición horaria
5	10	8.45	9.39	.94	55+065	6 posición horaria
6	10	8.65	9.39	.74	55+065	6 posición horaria
7	10	8.79	9.39	.60	55+065	9 posición horaria
8	10	8.46	9.39	.93	55+065	9 posición horaria
9	10	8.35	9.39	1.04	55+065	9 posición horaria
10	10	8.65	9.39	.74	55+065	12 posición horaria
10	10	8.69	9.39	.70	55+065	12 posición horaria
10	10	8.98	9.39	.41	55+065	12 posición horaria

Fuente: Autor

## 7.9 CORTE Y EMPALME

Constantemente se asegura que el área se encuentre libre de atmósferas explosivas, lo anterior se hace tomando mediciones con un explosímetro debidamente calibrado y garantizando que no se encuentren valores superiores a

0.22%, estas pueden ser causadas por líquidos o vapores inflamables o combustibles.

Como medida de protección se procede parar el bombeo, se cierran las válvulas cercanas y se desconecta las URPC, con el fin de proteger el sistema de protección catódica durante las actividades de corte y empalme.

Las secciones de tubería a intervenir son equipotenciadas mediante la instalación de un cable de cobre desnudo 2 AWG, esto se realiza aguas arriba y aguas abajo del punto de corte.

Se realiza la instalación de dos accesorios para la perforación y drenaje de la línea; previamente al drenaje se instalan tres fast tank de 8400 litros en caso de contingencia.

Se realiza la instalación de las mangueras, con ellas se hará el trasiego directamente hasta los carrotanques para la disposición del producto en la planta de mansilla.

Se realiza la apertura de la válvula de venteo para despresurización y drenaje, una vez se obtiene presión cero y caudal cero en el punto más bajo donde se realizará el corte; se retira el producto remanente con la ayuda de una motobomba.

Se realiza la inmovilización de la línea con material de excavación se realiza compactación y posteriormente se ancla al balde de la excavadora aguas arriba para garantizar que al realizar el corte no se generen movimientos peligrosos que afecten al personal o el alineamiento.

La distancia total a retirar es de 8 metros; el primer corte se realiza aguas abajo debido a que es el punto más bajo, este corte se realiza usando un cortatubo manual. Se instalan 2 bidón de 10"; se instalan tapas en los extremos y se procede a retirar el tramo afectado el cual es acopiado sobre polines de madera para su posterior disposición.

Se realiza la alineación del tramo a reponer, se realiza la instalación de un alineador externo, el cual se retira al completar el 80% del pase raíz. Durante el montaje se asegura que la desalineación no supere 3.2mm.

## 7.10 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y RESULTADOS

### 7.10.1 INSPECCIÓN ULTRASONIDO PHASED ARRAY

Se realiza inspección de ultrasonido Phased Array en las juntas que conforman el empalme 12A y 13A; según el informe generado, se identifica una discontinuidad tipo fisura (Indicación lineal superficial) en la junta 13A con las siguientes características:

- Longitud inspeccionada: 858mm.
- Inicio: 15mm.
- Longitud: 34mm.
- Profundidad: 9mm.
- Altura: 1.1mm.

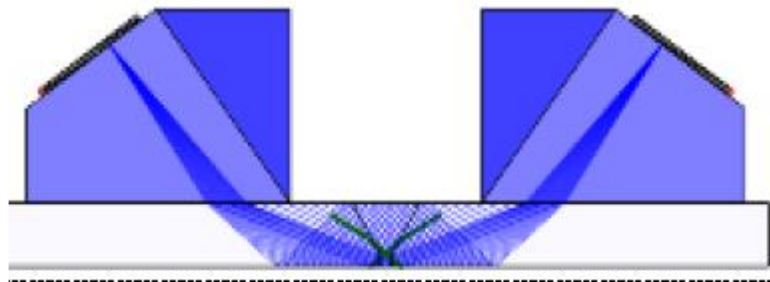
El criterio de inspección esta basado en ASME sección V – Artículo 4 y el criterio de aceptación es API 1104 por lo tanto, la junta 13A es rechazada.

*Figura 5 esquema de ubicación*



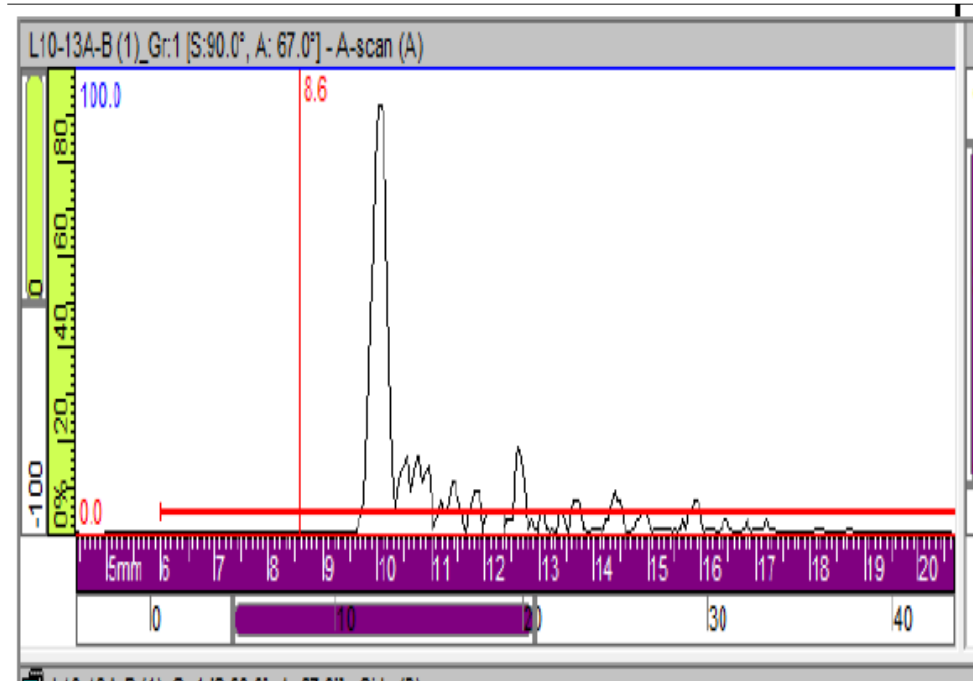
Fuente: Autor

*Figura 6 esquema de barrido*



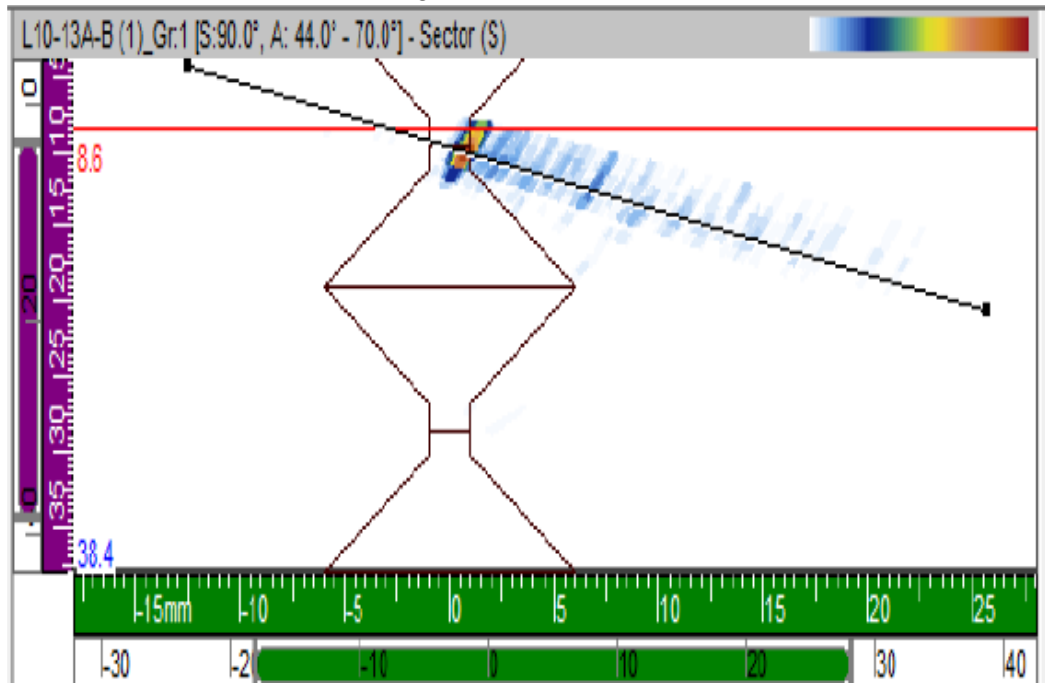
Fuente: Autor

Figura 7 Barrido J13A



Fuente: Informe PAUT Anexo 2.

Figura 8 Barrido J13A



Fuente: Informe PAUT Anexo 2.

## **7.10.2 ANÁLISIS PARA REPARACIÓN CON CAMISA TIPO B**

De acuerdo con la revisión de los estándares aplicables, el código ASME B31.4 numeral 434.1 describe las buenas practicas y recomienda que condiciones no cubiertas deben ser evaluados con análisis de ingeniería especializados.

*Figura 9 ASME B31.4 Numeral 434.1*

### **434 CONSTRUCTION**

#### **434.1 General**

**New construction and replacements of existing systems shall be in accordance with the requirements of this Chapter. Where written specifications are required, they shall be in sufficient detail to insure that the requirements of this Code shall be met. Such specifications shall include specific details on handling of pipe, equipment, materials, welding, and all construction factors which contribute to safety and sound engineering practice. It is not intended herein that all construction items be covered in full detail, since the specification should be all-inclusive. Whether covered specifically or not, all construction and materials shall be in accordance with good engineering, safety, and proven pipeline practice.**

Fuente: ASME B31.4

El estándar establece dos escenarios para la aplicación de los criterios y condiciones a seguir:

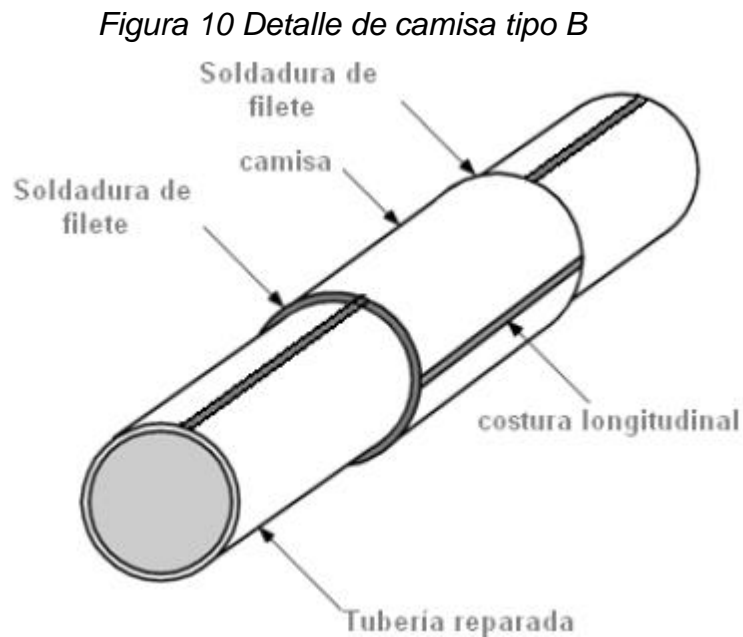
- Criterios para condiciones nuevas
- Criterios para actividades de mantenimiento

Las actividades realizadas en el PK 55+060 del poliducto salgar – Bogotá, se relacionan con la reparación de una anomalía existente en el sistema y el replanteo de una condición constructiva, por lo tanto, se realiza una evaluación

fractomecnica luego de instalar la camisa tipo b con el fin de determinar si la configuración de reparación actual es apta para un servicio continuo.

### 7.11 INSTALACIÓN DE CAMISA TIPO B.

ASME PCC-2, en el artículo 2.6 se establecen los requisitos para el diseño y construcción de camisas tipo A y B.

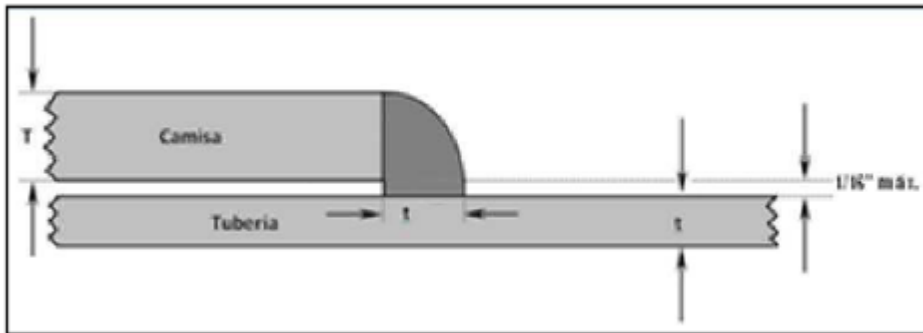


Fuente: Procedimiento para la reparación de anomalías en tuberías en servicio mediante instalación de camisas tipo b.

La camisa tipo b consiste en instalación de dos anillos soporte soldados en ambos lados de la zona a reparar y se realiza de la siguiente manera:

- Se realiza limpieza del área aledaña a la junta 13A donde se instalará la camisa; 30cm a cada lado.
- Se realiza eliminación del pase de presentación para garantizar que la camisa quede acoplada firmemente sobre la tubería, asegurando que el espacio sea menor a 1/16".

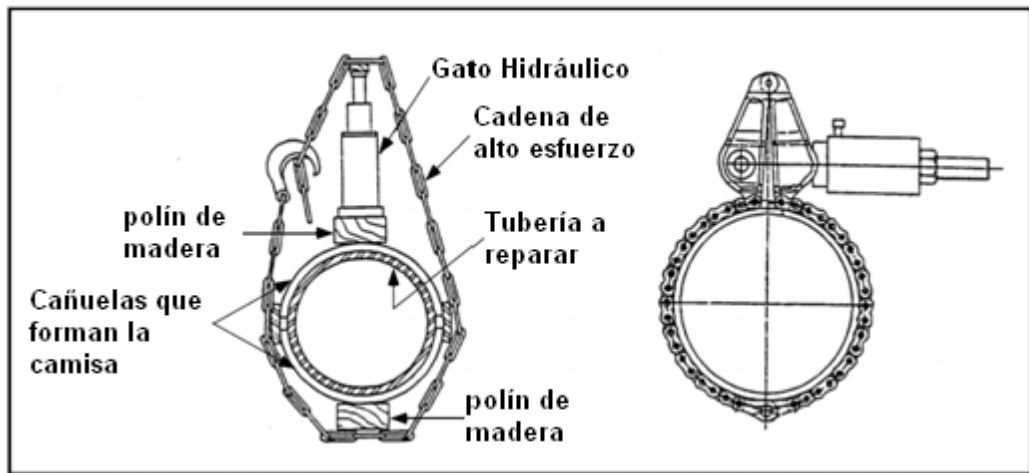
Figura 11 Detalle de camisa tipo B



Fuente: Procedimiento para la reparación de anomalías en tuberías en servicio mediante instalación de camisas tipo b.

- Se realiza la preparación de la camisa de 60cm con tubería de las mismas características del sistema API 5L X52; 0.37 pulgadas.
- Se realiza la ubicación de la camisa cargándola externamente con gatos, se debe ajustar al máximo pues entre mas ajustada quede menor será el esfuerzo en las soldaduras.

Figura 12 Ajuste de camisa tipo B



Fuente: Procedimiento para la reparación de anomalías en tuberías en servicio mediante instalación de camisas tipo b.

- Se realiza precalentamiento de acuerdo con el WPS y se procede con la soldadura longitudinal de la camisa.
- Se realiza soldadura circunferencial completando completamente un extremo y luego el otro, no se realizan simultáneamente.
- Se inspeccionan las juntas por medio de tintas penetrantes y PAUT.

- Se liberan las soldaduras y se procede con limpieza y revestimiento.

## **8. CONCLUSIONES**

- Después de una evaluación mecánica, es posible usar como método de reparación con camisa tipo B, siempre y cuando previamente se haya surtido la evaluación de no existencia de flexiones o tensiones en la sección a reparar.
- Las normativas aplicables para la construcción, modificación o reemplazo de segmentos de tubería corresponden al código ASME B31.4 con relación a criterios de diseño, configuración geométrica y calidad.
- La reparación por medio de camisa tipo B es adecuada para un servicio permanente, debido a que en la configuración no se presenta probabilidad de inestabilidad.
- Después de una evaluación mecánica, es posible usar como método de reparación con camisa tipo B, siempre y cuando previamente se haya surtido la evaluación de no existencia de flexiones o tensiones en la sección a reparar.

## **9. RECOMENDACIONES**

- Durante la realización de corte y empalme se debe asegurar la tubería anclándola de manera que después del corte no se presenten desviaciones laterales que obliguen a forzar la tubería para volverla a su posición original generando tensiones en la soldadura de cierre.
- Se recomienda realizar análisis de fractometría después de instalar refuerzo con camisa tipo B sobre soldadura circunferencial para garantizar que no existan flexiones o tensiones que presenten inestabilidad en el sistema.



- Se recomienda no instalar camisa tipo B en secciones de tubería en el cual su espesor sea inferior a 4.8mm, en estos casos se debe reemplazar la sección que se encuentre bajo estas condiciones.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup> LUNA GÓMEZ Juan Carlos. REPARACIÓN DE DUCTOS DE ACERO AL CARBONO QUE TRANSPORTAN GAS. (2012). (en línea). Disponible en: <https://docplayer.es/59782401-Instituto-politecnico-nacional.html>
- <sup>2</sup> MEJÍA RIZO Lily Johanna. VENTAJAS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE REPARACIÓN EN DEFECTOS TIPO PITTING CON FUGAS Y/O CLAUSURA DE VÁLVULAS ILÍCITAS QUE PRESENTAN FUGAS. (2017). (en línea). Disponible en: <https://docplayer.es/58837136-Ventajas-del-uso-de-nuevas-tecnologias-de-reparacion-en-defectos-tipo-pitting-con-fugas-y-o-clausura-de-valvulas-ilicitas-que-presentan-fugas.html>.
- <sup>3</sup> MEDINA MARTÍNEZ Víctor José. DESARROLLO DE UN MODELO ANALÍTICO PARA DISEÑO DE MANGAS METÁLICAS DE REHABILITACIÓN EN TUBERÍAS A PRESIÓN COMO COMPLEMENTO A LA NORMA ASME PCC2. (2018). (en línea). Disponible en: <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/7931/131533.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <sup>4</sup> BARTOLO HERNÁNDEZ Enrique. REPARACIÓN DE DEFECTOS EN DUCTOS EN SERVICIO DE ACERO API 5L X52 PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS POR MEDIO DE ENVOLVENTES METÁLICAS. (2010). (en línea). Disponible en: <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/265/1/MONO-ETSI-HERNANDEZ.BARTOLO%20%283%29.pdf>
- <sup>5</sup> MEDINA. op. cit, P15
- <sup>6</sup> WEST ARCO. (2015).Manual de soldadura {En línea}. Disponible en: <https://www.westarco.com/westarco/sp/support/documentation/upload/manual-de-soldadura-2015v2.pdf>
- <sup>7</sup> En que consiste la soldadura autógena. Disponible en: <https://www.euroinnova.co/blog/en-que-consiste-la-soldadura-autogena>.

- <sup>9</sup> BURGOS, José. Tecnología de Soldadura. [En línea]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Soldadura\\_por\\_arco\\_el%C3%A9ctrico#:~:text=Es%20un%20proceso%20de%20soldadura,electrodo%20y%20pieza%20a%20soldar.](https://www.ecured.cu/Soldadura_por_arco_el%C3%A9ctrico#:~:text=Es%20un%20proceso%20de%20soldadura,electrodo%20y%20pieza%20a%20soldar.)
- <sup>10</sup> Welding Of Pipelines And Related Facilities. (2012). tubería para gas; soldadura para tubería. Norma API 1004.