

ANÁLISIS DE INTEGRIDAD Y REVISIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA MEDIANTE
CORRIENTE IMPRESA DEL GASODUCTO CAMPO CORRALES-CITY GATE
BELENCITO

HERNANDO ANTONIO NEGRETE MEJIA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICOMECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2024

ANÁLISIS DE INTEGRIDAD Y REVISIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA MEDIANTE
CORRIENTE IMPRESA DEL GASODUCTO CAMPO CORRALES-CITY GATE
BELENCITO

HERNANDO ANTONIO NEGRETE MEJIA

Trabajo de Grado para Optar el título de ingeniero mecánico

DIRECTOR

ALBERTO DAVID PERTUZ COMAS

Ing. Mecánico.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICOMECAÑICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2024

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza y la fortaleza para guiarme en el camino.

A mi madre Yolanda Mejía porque me ha dado su apoyo, amor incondicional y sabiduría en todos los momentos de mi vida

A mi padre José Negrete porque a pesar de que se han vivido momentos difíciles me apoyo, impuso y me enseñó a tener perseverancia en los objetivos propuestos para mí

A mi hermano por su colaboración a lo largo de esta etapa.

A mis tíos que me adoptaron como un hijo más.

A mis abuelos por tenerme presente en sus oraciones y darme esas palabras de Aliento.

Hernando Antonio Negrete Mejía

AGRADECIMIENTOS

El autor manifiestan sus agradecimientos a:

La Universidad Industrial de Santander por nuestra formación profesional.

Al Ingeniero y director de tesis Alberto Pertuz por su interés y confianza.

Al Ingeniero Gustavo Henríquez por sus explicaciones y dedicación.

A la empresa Petroleum blending international S.A.S por permitirnos realizar esta propuesta y ejecutarla con su apoyo profesional.

A cada uno de los operadores e ingenieros que laboran las instalaciones del campo corrales bloque Buenavista de la empresa PBI S.A.S

A la empresa Construmond S.A.S por su colaboración en el desarrollo de este trabajo de grado.

Hernando Antonio Negrete Mejia

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 14

1.1 OBJETIVO GENERAL..... 15

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15

1.3 ALCANCE..... 15

2.1 CORROSIÓN: 16

2.2 CORROSIÓN EN ACEROS AL CARBONO 16

2.3 ESTUDIO DE LA CORROSIÓN EN GASODUCTOS: 18

2.4 MÉTODOS DE CONTROL DE CORROSIÓN: 18

2.5 COMPORTAMIENTO DE LA CORROSIÓN 19

2.6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS 21

2.6.1 INTEGRIDAD INTERNA 21

2.6.1.1 Alternativa #1 (Análisis de datos ILI)..... 22

2.6.1.2 Alternativa #2 (ICDA) 23

2.6.2 INTEGRIDAD EXTERNA 24

2.6.2.1 Alternativa #1 Metodología ECDA para Integridad de Tubería de Transporte..... 24

2.6.2.2 Alternativa # 2 – Protección catódica 25

2.6.2.2.1 CORRIENTE IMPRESA..... 26

2.6.2.2.2 ANODOS DE SACRIFICIO 28

2.7 TECNICAS DE INSPECCION A TUBERIAS..... 29

2.7.1 MÉTODO CIPS 30

2.7.2 METODO DCVG 33

2.8 Alternativa #4 (recubrimiento en tuberías de gas)..... 37

2.8.1 SELECCIÓN DE RECUBRIMIENTO 38

2.8.2 APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO. 39

2.8.3 TIEMPOS DE APLICACIÓN..... 39

2.9 TAMAÑO DEL DEFECTO 40

3.9.1COMPORTAMIENTO DEL DEFECTO 44

3 DESARROLLO DE OBJETIVOS..... 45

3.1 NFORMACIÓN LÍNEA Y PROTECCIÓN CATÓDICA..... 45

3.2 GEOGRAFÍA GASODUCTO..... 46

3.3 ACTIVOS INVOLUCRADOS EN PROTECCION CATODICA POR CORRIENTE IMPRESA 47

3.4 DIAGNÓSTICO DEL GASODUCTO INTERNAMENTE 49

3.4.1 OBJETIVO 50

3.4.2 ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONA A UTILIZAR..... 50

3.4.3 PRECAUCIONES	51
3.4.4 ELEMETOS DISPONIBLES PARA EL PROCEDIMIENTO EN EL CAMPO.....	51
3.4.5 PERSONAL DISPONIBLE PARA LA FECHA ESTIMADA.....	52
3.4.6 TIEMPOS ESTIMADOS.....	52
3.4.7DESCRIPCION METODOLOGICA.....	53
3.4.8 RESULTADOS.....	57
4 DIAGNÓSTICO EXTERNO DE LA LÍNEA DE GASODUCTO.....	62
4.1 EQUIPOS UTILIZADOS	62
4.2 DATOS OBTENIDOS.....	63
4.3 RESULTADOS DCVG	64
4.3.1 ANOMALÍAS PK3+000 – PK4+000.....	66
4.3.2 ANOMALÍAS PK4+000 – PK5+000.....	67
4.3.3 ANOMALÍAS PK6+000 – PK7+000.....	68
4.3.4 ANOMALÍAS PK7+000 – PK8+000.....	69
4.3.5 ANOMALÍAS PK8+000 - PK9+000.....	70
5 RESULTADO CIPS	73
5.1 K 0+000 al PK 3+000	73
5.2 PK 3+000 al PK 6+000.....	74
5.3 PK 6+000 al PK 9+379.....	75
6 CARACTERÍSTICAS DEL GAS TRANSPORTADO	76
6.1 ANÁLISIS QUÍMICO.....	76
6.1.2 INFORMACIÓN DE ENTRADA AÑO 2016	76
6.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS	77
6.2 ACTUALIDAD DEL FLUJO.....	81
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Corrosión en tuberías de acero al carbón	7
Figura 2. Reacción de oxidación Fe^{+2}	9
Figura 3. Reacción de oxidación Fe^{+3}	9
Figura 4. Oxidación de un metal	10
Figura 5. Reacción reducción H^{+}	10
Figura 6. Reducción de un metal	11
Figura 7. Alternativa # 1 – herramienta utilizada	13
Figura 8. Alternativa número 2 – Metodología ICDA para Integridad de Tubería de Transporte	14
Figura 9. Alternativa # 1 – ECDA	15
Figura 10. Protección catódica	16
Figura 11. . Esquema de protección catódica con corriente impresa.	17
Figura 12. Mecanismo de protección catódica con ánodo de sacrificio	19
Figura 13. Potencial OFF	22
Figura 14. Configuración CIPS	23
Figura 15. Indicaciones de la aguja del milivoltímetro del DCVG	24
Figura 16. Gradiente de potencial en la superficie del suelo asociado con un defecto	26
Figura 17. Atenuación de la señal DCVG	30
Figura 18. Información general del gasoducto	34
Figura 19. Geografía del gasoducto (recorrido)	35

Figura 20. Peso inicial polypig #1 y #2	43
Figura 21. Despresurización de la trampa	44
Figura 22. Ingreso polypig #1	44
Figura 23. Ingreso de diablo raspador.	45
Figura 24. Polypig recibidos en el city gate	46
Figura 25. Diablo raspador recibido en el city gate	47
Figura 26. Juntas monolíticas y bridas aislantes	50
figura 27. Tabla. Productos y Flujos transportados en el Gasoducto	61
Figura 28. scada de city gate y medicion de calidad del gasoducto.	65
Figura 29. Datos de calidad del gas	65

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Indicaciones DCVG gasoducto 5.6'' Φ	51
Grafica 2.Indicaciones DCVG PK 3+000 – PK 4+000.	52
Grafica 3. Indicaciones DCVG PK4+000 - PK5+000	53
Grafica 4. Indicaciones DCVG PK6+000 - PK7+000	54
Grafica 5. Indicaciones DCVG PK7+000 - PK8+000	55
Grafica 6. Anomalías pk 8+000 - pk 9+000	56
Grafica 7. Perfil de potenciales ON/OFF PK 0+000 al PK 3+000	58
Grafica 8. Potenciales ON/OFF PK 3+000 al PK 6+000	59
Grafica 9. Perfil de potenciales ON/OFF PK 6+000 al PK 9+379	59

GLOSARIO

- **Análisis de integridad.:** Esto implica la evaluación de la gravedad de los defectos, los requisitos de pruebas y reparaciones no destructivas para garantizar la seguridad de la tubería durante la operación, la continuidad de la producción mínima y el impacto ambiental fuera del perímetro económico .
- **Corrosión:** Proceso electroquímico en el que los metales puros se convierten en compuestos termodinámicamente estables (óxidos, hidróxidos, etc.) al interactuar con el medio ambiente.
- **Ducto:** Sistema formado por diversas partes como válvulas, bridas, accesorios, pernos, salvaguardas, integrados para el transporte de hidrocarburos.
- **Holidays:** Son huecos en el revestimiento de tamaño microscópico que alcanzan grandes áreas de daño. Los Holidays necesitan ser localizados y reparados. Los Holidays liberan una corriente eléctrica que fluye entre una sonda de contacto(detección) o electrodo en el revestimiento de la tubería de acero
- **Protección catódica:** Un método eléctrico para proteger tuberías enterradas y/o sumergidas de la corrosión externa al hacer pasar una corriente directa de un sistema seleccionado a través de un cátodo convertido para crear una diferencia de potencial que afecta la superficie del metal.
- **Revestimiento:** capa continua de terminaciones que no presentan uniones y que protege a la tubería a nivel externo.

RESUMEN

TITULO: Análisis de integridad y revisión de protección catódica mediante corriente impresa del gasoducto campo corrales-city gate belencito.

AUTOR: Hernando Antonio Negrete Mejía

PALBRA CLAVE: Mantenimiento, gradiente, corrosión, integridad, gasoducto, protección catódica.

DESCRIPCION

Con el tiempo, se empezaron a utilizar gasoductos para transportar gas combustible, por lo que se debe realizar un mantenimiento adecuado para garantizar que este servicio sea confiable y seguro. Uno de los problemas más notorios en esta industria son producidos por la corrosión; Por esta razón es necesario evaluar este factor utilizando métodos como el limpiador interno por medio de un raspador o diablo, el gradiente de voltaje (DCVG) , el método que verifique el intervalo de potencial (CIPS) y la condición de la tubería según el fenómeno corrosivo; Gracias a eso, podemos controlar y dar estrategias correctas de fallas así mejorando la seguridad humana, el medio ambiente y la integridad de la tubería de gas. El desarrollo de este proyecto implica la evaluación de las condiciones de corrosión.

La información externa sobre el gasoducto se basa en el análisis de los datos recolectados, el número de inspecciones realizadas en las que se detectaron dispositivos CIPS le permite adquirir conocimientos sobre el funcionamiento del método de protección catódica tubería y el método DCVG le permite determinar la presencia de cualquier defecto y comportamiento corrosivo similar. Estas dos tecnologías se complementan, proporcionando un diagnóstico más preciso. Por último, los gasoductos corren el riesgo de sufrir corrosión debido al desgaste, a través de efectos químicos, electroquímicos y termodinámicos.

Trabajo de grado

Facultad de fisicomecanica. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Alberto Pertuz

ABSTRACT

TITLE: Integrity analysis and review of cathodic protection using printed current of the Campo Corlares-City Gate Belencito gas pipeline.

AUTHOR: Hernando Antonio Negrete Mejía

KEYWORD: Maintenance, gradient, corrosion, integrity, gas pipeline, cathodic protection.

DESCRIPTION

Over time, gas pipelines began to be used to transport fuel gas, so proper maintenance must be performed to ensure this service is reliable and safe. One of the most notorious problems in this industry is caused by corrosion; For this reason, it is necessary to evaluate this factor using methods such as the internal cleaner using a scraper or devil, the voltage gradient (DCVG), the method that verifies the potential interval (CIPS) and the condition of the pipe according to the phenomenon. corrosive; Thanks to that, we can control and provide correct failure strategies, thus improving human safety, the environment and the integrity of the gas pipeline. The development of this project involves the evaluation of corrosion conditions.

External information about the gas pipeline is based on the analysis of the collected data, the number of inspections carried out in which CIPS devices were detected allows you to gain knowledge about the operation of the cathodic protection method pipeline, and the DCVG method allows you to determine the presence from any defects and similar corrosive behavior. These two technologies complement each other, providing a more precise diagnosis. Finally, gas pipelines are at risk of corrosion due to wear, through chemical, electrochemical and thermodynamic effects.

Degree work

Faculty of physics and mechanics. School of mechanical engineering. Director: Alberto Pertuz

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación tendrá como objetivo comprender cada uno de los procesos realizados, además de asegurar la integridad mecánica y operativa de los gasoductos entre el municipio de Corrales-Belencito en la provincia de Sogamoso. El continuo desarrollo del análisis y mantenimiento de las líneas, alimentará muchas actividades de implementación en otras áreas de la empresa o de lo contrario, continuará con cada dispositivo con un alto índice de criticidad.

Gracias a ello reconoceremos las ventajas y desventajas de cada procedimiento de limpieza y mantenimiento realizado en otras empresas con inquietudes similares.

De esta manera, se proponen diversas soluciones alternativas para mitigar los problemas existentes, como la pérdida de espesor y daños en los revestimientos de las rutas de transporte de gas.

Este estudio incluye todo tipo de información recopilada por el autor, durante el análisis de integridad utilizando el tipo de protección catódica, garantizando así el trabajo mínimo requerido para fortalecer la integridad de las rutas de distribución, garantizando así un buen trato con la comunidad y proteger los activos de la empresa.

Existe una preocupación inminente durante el transporte de gas natural a través de líneas, a menudo surgen problemas de corrosión que afecten las líneas debido a muchos factores internos y externos.

En el concepto externo tenemos la falla de los dispositivos de protección catódica eléctrica o electrónica, el tratamiento inadecuado de las juntas aislantes al inicio y final del conducto, así como la aplicación de recubrimientos inadecuados para la línea de tubería enterrada, existiendo descomposición en su interior de materiales. Se distingue por los ingredientes químicos combinados con el producto transportado. Por lo que el llamado de la empresa es minimizar este problema evitando daños a la propiedad y derrames que causen molestias a la comunidad y al medio ambiente.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la integridad estructural basada en protección catódica mediante corriente impresa del gasoducto ubicado entre el Campo operativo Corrales – estación de entrega City Gate Belencito, delimitado por 9,360 metros, garantizando la factibilidad bajo la norma ASME B31.8.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar resultados óptimos aplicando la norma ASME B31.8 para verificar diseño, operación, mantenimiento y reparación de las tuberías de distribución de gas.
- Analizar el método de inspección usando corriente impresa para comprobar el estado actual de integridad del gasoducto.
- Identificar perfiles de corrosión y variaciones en las vías de flujo tomando muestras donde se analice la causa de estas mismas.
- Evaluar distintos métodos de limpieza aplicando cada uno de los parámetros mencionados en la norma, para las partes externas de la tubería.
- Calificar el estado de los recubrimientos, reforzando mecánicamente, donde se establezca la viabilidad y calidad de los materiales utilizados.

1.3 ALCANCE

Este documento aplicará las tareas de análisis y verificación de integridad por medio de la protección catódica y estado de recubrimientos aplicados en línea del gasoducto campo de operaciones corrales – estación de entrega city gate, más específicamente desde la línea de salida a gasoducto, puntos críticos, tramos enterrados y con bajo nivel de protección, PK 0 + 000 – PK 9 + 360 sector pozo bolívar North West.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CORROSIÓN

2.1 CORROSIÓN:

La corrosión se define como la reacción química o electroquímica de un metal o aleación con su entorno, provocando el deterioro de sus propiedades.

Como resultado, los metales puros forman compuestos termodinámicamente estables (óxidos, hidróxidos, etc.) que interactúan con el medio ambiente.

Este es uno de los problemas más graves que afectan actualmente a las instalaciones metálicas enterradas, especialmente a las tuberías que transportan y distribuyen combustibles líquidos, gases y agua.

Esta corrosión ocurre comúnmente en ambientes marinos y costeros. Sin embargo, puede manifestarse en electrolitos (suelo) y cualquier otro entorno donde las condiciones específicas de la tubería y el revestimiento afecten la integridad de la tubería.

2.2 CORROSIÓN EN ACEROS AL CARBONO

El principal material utilizado en las tuberías de la industria del gas natural para el transporte y la distribución es el acero al carbono. Estos oleoductos se utilizan para transportar y transportar muchos tipos de líquidos: agua potable y aguas residuales, petróleo crudo y combustibles derivados, lodos de mineral de hierro y, especialmente, gas natural.

Las tuberías de acero al carbono son susceptibles a la corrosión, lo que a veces puede provocar accidentes mortales y pérdida de bienes personales en caso de explosión. Por lo tanto, es necesario aplicar métodos eficaces para proteger y controlar la corrosión con el objetivo de mejorar la seguridad y salud de las personas, evitando la contaminación ambiental y no aumentando los costos de mantenimiento y operación relacionados con las operaciones de la red. El acero al carbono, especialmente el acero al carbono del Grupo 5L según lo especificado por el Instituto Americano del Petróleo (API), se utiliza para los ductos de transporte de gas natural. En algunos casos, cuando se requieren mejores propiedades mecánicas, se utilizan aceros de baja aleación que contienen Mn (manganeso), Ni (níquel) o Cr (cromo).

Pueden ocurrir diferentes tipos de corrosión en las tuberías, como picaduras, corrosión galvánica, corrosión microbiana y corrosión por tensión.

Figura 1.

Corrosión en tuberías de acero al carbón



[1] American Petroleum Institute (API). (2011). *Damage Mechanisms Affecting fixed Equipment in the Refining Industry RP 571*. American Petroleum Institute.

[2] Bruce Mackay, N. A., Marko Stipanicev, Øystein B., Jackson, E. J., Jenkins, A., Melot, D., Schele, J., & Vittonato, J. (2016). *La corrosión: La lucha más extensa*. *Oilfield Review*, 28(2), 16

2.3 ESTUDIO DE LA CORROSIÓN EN GASODUCTOS:

En la industria del gas natural, los depósitos de piedra caliza pueden provocar la corrosión de estructuras metálicas, el taponamiento de tuberías y otros equipos, especialmente en reservorios donde el fluido es del tipo "shale gas". Para monitorear la corrosión de ambientes externos o gases contra la infraestructura metálica utilizada para la extracción, transmisión o procesamiento de combustible, es necesario recopilar y analizar varios datos. Por ejemplo, parámetros como la química del agua y del suelo, las condiciones de operación, el contenido microbiano, la composición del gas, la temperatura, la presión y los métodos de control de la corrosión utilizados (inhibidores de corrosión, recubrimientos y protección catódica, etc.).

2.4 MÉTODOS DE CONTROL DE CORROSIÓN:

Los métodos de control de la corrosión comúnmente utilizados para tuberías incluyen recubrimientos, inhibidores de corrosión y protección catódica.

Este último se define como un método para reducir o prevenir la corrosión del metal cuando el metal se sumerge en un electrolito de modo que su superficie actúe enteramente como un cátodo. La protección catódica se puede utilizar de dos formas, a través del ánodo de sacrificio en otras palabras, esto se hace conectando eléctricamente una estructura metálica a un metal (escudo) que tiene un potencial de corrosión negativo (ánodo) mayor que la estructura bajo ciertas condiciones.

De esta forma, el metal protector actúa como ánodo en la celda de corrosión anódica protegida de la estructura metálica, permitiendo la protección necesaria de la estructura metálica.

Por otro lado, hemos creado una protección de corriente impresa, en comparación con el tipo anterior, este tipo tiene varias ventajas, como mayor eficiencia, protección de grandes áreas y estructuras metálicas verticales, gestiona el control y regulación real de la corriente externa en el voltaje aplicado.

2.5 COMPORTAMIENTO DE LA CORROSIÓN

Actualmente, la teoría de la corrosión se basa en el concepto de distribución de regiones anódicas y catódicas en la superficie del metal.

Para entender esto, el campo de la electroquímica se basa en la cinética del electrón, porque su comportamiento de movimiento y desplazamiento es lo que provoca la corrosión.

Por el proceso de oxidación-reducción presente entre sustancias en contacto, se llama oxidación a la pérdida de uno o más electrones en un átomo o molécula, que se convierte en un ion positivo como se muestra en la figura 2 y figura 3, por ejemplo el hierro libera dos y tres electrones respectivamente. Cuando un átomo o molécula cede electrones se produce una reacción de oxidación, reduciendo su carga negativa.

Figura 2.

Reacción de oxidación Fe+2

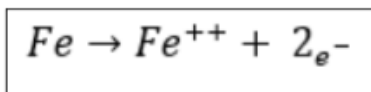


Figura 3.

Reacción de oxidación Fe+3

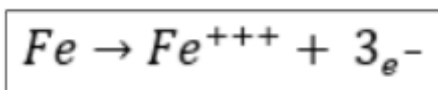
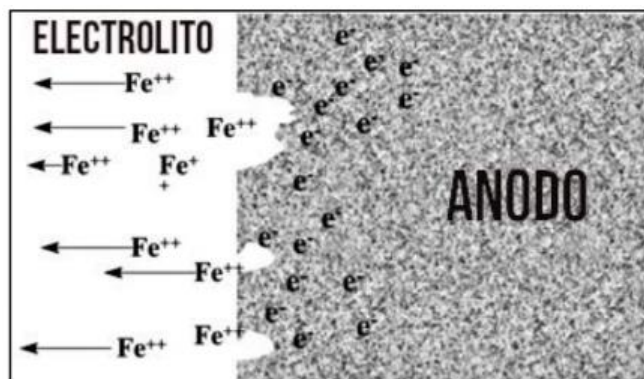


Figura 4.

Oxidación de un metal



Como se muestra en la Figura 4, se puede observar que el ánodo o electrodo es donde ocurre la oxidación del metal, el flujo de electrones ocurre donde se produce el desgaste, como se muestra en el borde entre el ánodo y el electrolito. La reducción ocurre cuando hay una ganancia de uno o más electrones en un átomo o molécula, donde pasa de un ion o elemento neutro con carga positiva a uno con carga negativa. Este fenómeno se muestra en la Figura 6 y no se muestra desgaste en el borde del cátodo y electrolito.

El lugar donde ocurre la reducción se llama cátodo, es decir, el lugar donde el átomo o molécula gana electrones mediante una reacción de reducción, aumentando así su carga negativa. La figura 5 muestra la reacción que ocurre con el hidrógeno.

Figura 5.

Reacción reducción H^+

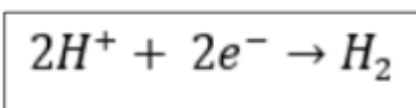
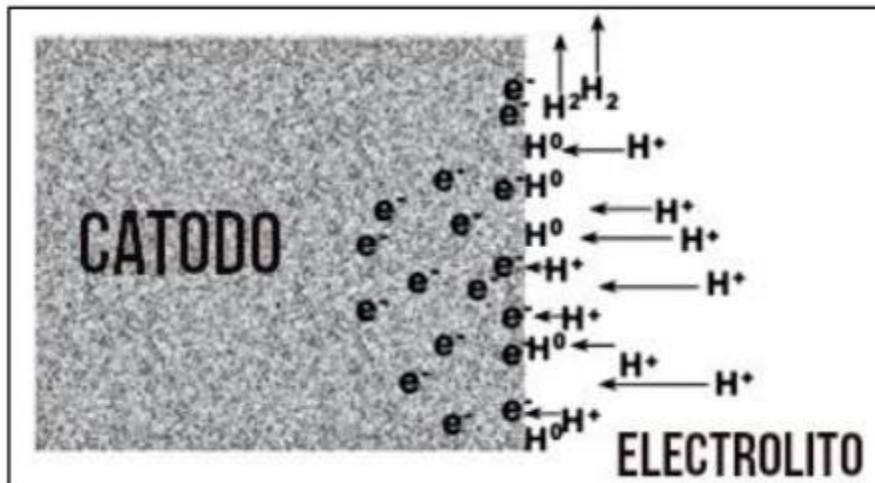


Figura 6.

Reducción de un metal



2.6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Se definen distintas alternativas con respecto al estudio de integridad de la línea de gas, tanto en el interior o exterior de la misma.

2.6.1 INTEGRIDAD INTERNA

Las pruebas internas se realizan mediante un dispositivo conocido como “dispositivo diablo” que se inserta en el ducto, moviéndose debido a los diferenciales de presión del producto que transporta, contiene sensores que registran anomalías y corrosión en las piezas metálicas este se ve reflejado en las paredes internas del activo. A partir de esta información se puede conocer la ubicación y condición física del ducto determinando: diámetro, cambio de espesor, pérdida local de espesor, ovalidad, deformación, abolladuras y grietas.

Las tecnologías actualmente en el mercado son: flujo magnético y ultrasonidos para evitar problemas.

Estas tecnologías no pueden determinar el estado del revestimiento del conducto ni el estado del sistema de protección catódica.

2.6.1.1 Alternativa #1 (Análisis de datos ILI)

Figura 7.

Alternativa # 1 – herramienta utilizada

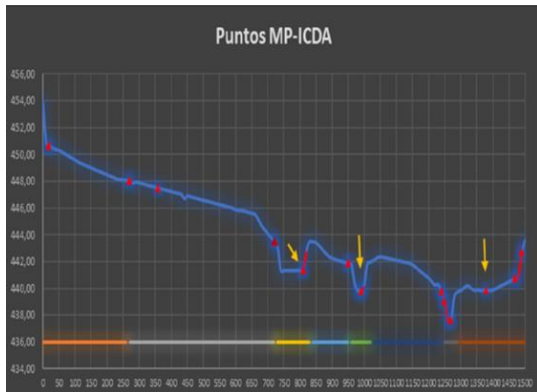


[5] El desarrollo de inspecciones ILI es comúnmente utilizada en la industria de Oil & Gas, en particular en tramos largos de ductos y tuberías. La información de las inspecciones internas inteligentes ILI (In Line Inspection) es de vital importancia para la gestión de la integridad de los ductos, GIE Groupe le brinda una solución para garantizar la confiabilidad del proceso ILI desde el diseño de la solución hasta el análisis de datos.

2.6.1.2 Alternativa #2 (ICDA)

Figura 8.

Alternativa número 2 – Metodología ICDA para Integridad de Tubería de Transporte



Esta alternativa determina la integridad mecánica de una tubería en función del daño por corrosión interna, simula tasas de corrosión de diferentes modelos y predice patrones de flujo y caídas de presión..

 [5] GIE GROUP. [En línea]

<<https://giigroup.net/soluciones/ingenieria-de-confiabilidad-e-integridad/analisis-de-datos-ili/>> [Citado el 07 de diciembre de 2019]

2.6.2 INTEGRIDAD EXTERNA

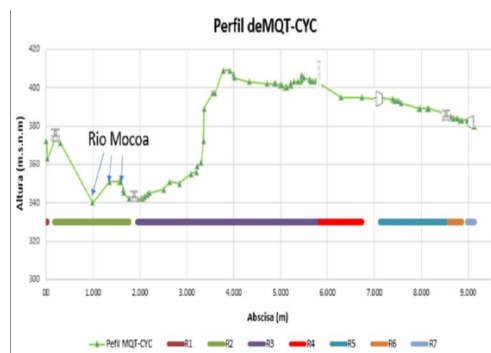
Se realiza de forma no invasiva y no destructiva, permitiendo detectar problemas que afecten la integridad de la tubería.

A continuación se muestra una breve referencia y alcance de los documentos más relevantes.

2.6.2.1 Alternativa #1 Metodología ECDA para Integridad de Tubería de Transporte

Figura 9.

Alternativa # 1 – ECDA

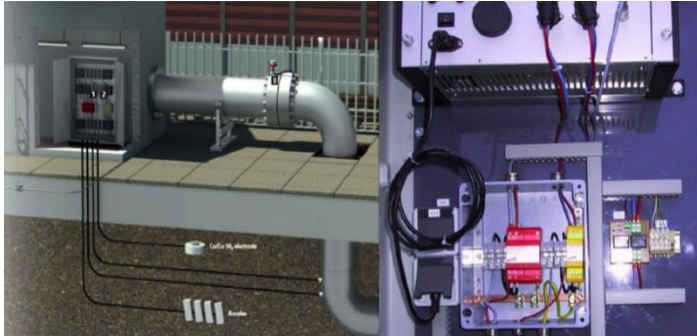


External Corrosion Direct Assessment – ECDA Se utiliza en situaciones donde no se puede realizar una inspección inteligente por motivos como bajos caudales, falta de trampas para lanzamiento y/o recepción de pigs, bloqueos en la línea, cambios de diámetro, etc.

2.6.2.2 Alternativa # 2 – Protección catódica

Figura 10.

Protección catódica



La protección catódica es un método para prevenir la corrosión en estructuras metálicas enterradas y sumergidas. Permite prolongar ampliamente la vida de las estructuras, obteniendo tanto altos beneficios a la seguridad y confiabilidad de las instalaciones, como significativa reducción de costos totales durante la vida de los activos.

Se emplea comúnmente para proteger numerosas estructuras contra la corrosión, como ductos, tanques, recipientes, embarcaciones, pilotes, muelles, flotadores marinos, equipos submarinos y otro gran número de aplicaciones, básicamente todas las estructuras metálicas enterradas o sumergidas.

TECNAICE. [En línea]

<<https://tecna-ice.com/la-proteccion-catodica-explicada/>>

[Citado el 19 de diciembre de 2021]

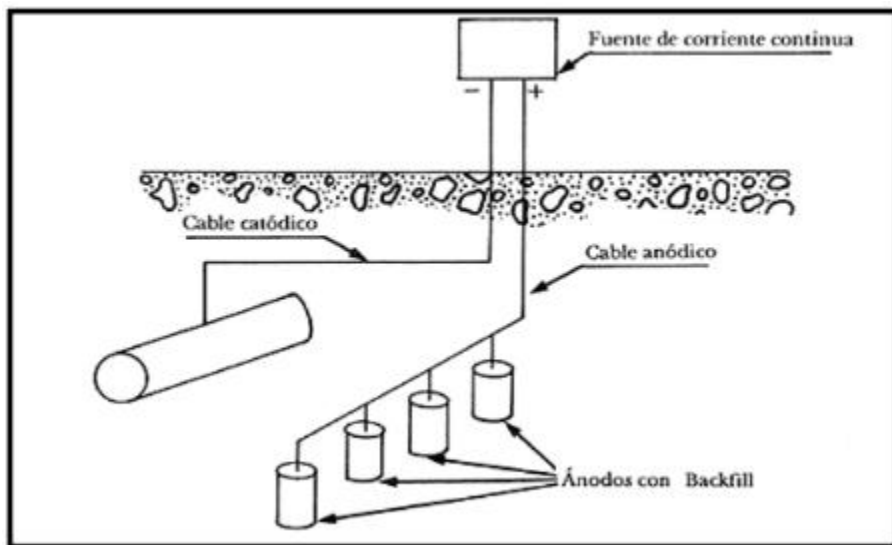
2.6.2.2.1 CORRIENTE IMPRESA

Se entiende por corriente impuesta un mecanismo que incluye una conexión eléctrica a la estructura enterrada, la cual incluye una fuente de energía externa de CC, que puede ser pura o rectificada, en la cual se encuentra un cátodo y un ánodo con electrodos auxiliares.

El necesario intercambio de corriente con el electrolito se produce mediante reacciones electroquímicas y depende del material del ánodo, del medio que lo rodea y de la densidad de corriente suministrada, teniendo en cuenta que las partes ánodo y cátodo se encuentran sumergidos en agua, como se muestra en Figura 11.

Figura 11. .

Esquema de protección catódica con corriente impresa.



El electrodo utilizado en la Figura 11 es relativamente económico porque utiliza chatarra o hierro fundido, pero es de gran tamaño, puede reemplazarse en poco tiempo, este causa contaminación ambiental y no puede soportar una alta densidad de corriente.

En esta técnica el voltaje se requiere de una fuente de corriente que depende de tres factores: la conductividad del medio teniendo en cuenta que a mayor conductividad menor voltaje, la superficie de la estructura a proteger y la naturaleza de la placa.

Algunas de las principales ventajas de utilizar un sistema de corriente impresa incluyen la capacidad de operar en una amplia gama de voltajes y corrientes de salida, buen rendimiento en entornos de alta resistividad y un bajo consumo de ánodo, inferior al del sistema con ánodo de sacrificio.

Sin embargo, tiene desventajas tales como mayor costo y mantenimiento, requiere una fuente de energía externa que crea costos de suministro constantes y puede causar sobreprotección, causando daños al recubrimiento y atenuación debido al "hidrógeno".

HUMBERTO H, UHLIG. Corrosión y Control de Corrosión. España: Urmo, S.A.
de Ediciones. 23 p. 84-314-0149-4.

2.6.2.2.2 ANODOS DE SACRIFICIO

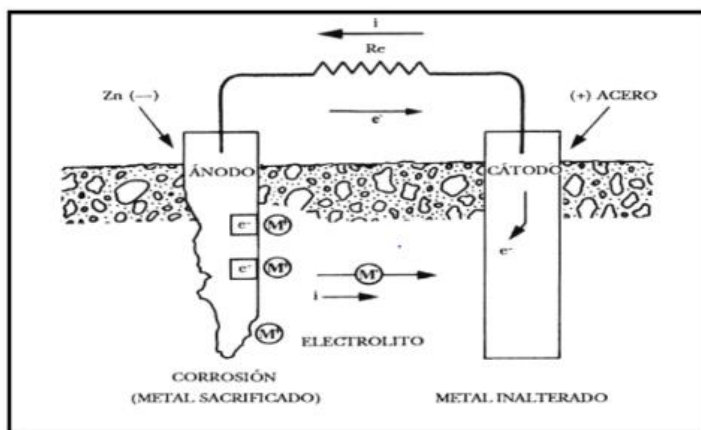
La protección catódica mediante ánodos de sacrificio se realiza típicamente con tres metales específicos: zinc (Zn), magnesio (Mg), aluminio (Al) y sus aleaciones.

La Figura 12 muestra el montaje del proceso de protección catódica mediante un ánodo de sacrificio.

Tenemos que tener en cuenta que se comporta como una celda galvánica donde un metal es más activo que el otro, y lo que buscamos es que el potencial del ánodo y del cátodo sea igual, para reducir la posibilidad de corrosión.

Figura 12.

Mecanismo de protección catódica con ánodo de sacrificio



El uso esencial del ánodo de sacrificio es ser usado como fuente transportadora de energía eléctrica y se utiliza cuando la energía eléctrica no se puede obtener fácilmente en condiciones en las que su instalación no es práctica o económicamente viable, para lo cual se necesitan líneas eléctricas.

Normalmente, los ánodos galvánicos se instalan como se muestra en la Figura 12 en cada punto donde se repara la tubería en lugar de instalar un sistema de protección catódica completo. Depende del presupuesto de la empresa y del coste de instalación de un sistema de protección para todo el sistema.

Las ventajas de utilizar el sistema Figura 12, el ánodo de sacrificio son: requiere poco mantenimiento, no requiere fuente de alimentación externa, es fácil de instalar y es menos probable que esté sujeto a interferencias externas.

La desventaja de este método es el bajo consumo de corriente y el bajo potencial de producción en entornos de alta resistividad, no se recomienda reemplazar los ánodos desgastados es difícil y costoso, y para estructuras mal recubiertas se requieren múltiples ánodos.

Cabe señalar que algunas estructuras con sistemas de protección catódica de corriente impresa pueden requerir pequeñas cantidades de corriente adicional en ciertos puntos, que pueden ser proporcionadas colocando la electricidad positiva.

Se utilizan ambas técnicas cuando sea necesario, por ejemplo en válvulas enterradas o secciones aisladas con revestimientos desgastados.

2.7 TECNICAS DE INSPECCION A TUBERIAS

La peculiaridad de este tipo de inspecciones es que son de carácter predictivo y preventivo, ayudan a determinar el estado del revestimiento y del SPC, así como a determinar la posición del conducto en planta, profundidad, también determinan la localización de daños de recubrimiento.

Dependiendo del campo de aplicación se utilizan individualmente o en combinación.

La medición directa de la corrosión externa es un proceso que permite conocer el estado de una tubería a partir de información proporcionada por diversos métodos; Hay métodos directos e indirectos. En este proyecto se tienen en cuenta los métodos directos, incluidas las técnicas CIPS y DCVG.

Debido al deterioro del recubrimiento o sistema de protección primaria, que se refleja en la aparición de defectos, ya sea por eventos externos o por interacción con el sistema de protección catódica, las características comunes de las técnicas mencionadas anteriormente se aplicarán más adelante.

2.7.1 MÉTODO CIPS

El método CIPS evalúa cualitativamente la eficacia del SPC. Esta evaluación se realiza analizando los estados “on-off”, cuando el SPC está conectado y cuando está desconectado. Para adquirir datos, se utiliza un temporizador cíclico para desconectar intermitentemente el SPC.

El SPC se evalúa en base a la configuración de potenciales que se deben mantener entre -850 y -1140 mV. , (límites de bajo protección y sobre protección respectivamente), para mediciones por debajo de -850 mV. , la polarización del acero del conducto es consideradas insuficientes (situación que puede provocar corrosión), mediciones superiores a -1140 mV. , indican una polarización excesiva del acero en el conducto (esto indica daño en el revestimiento por efecto de pelado del cátodo).

Técnica de verificación de intervalo cerrado (CIPS).

La Figura 14 muestra un diagrama de prueba CIPS para medir el potencial a lo largo de una tubería con protección catódica, equipada con estaciones de prueba y celdas de referencia de tierra, para realizar un análisis detallado de la protección catódica en tuberías subterráneas.

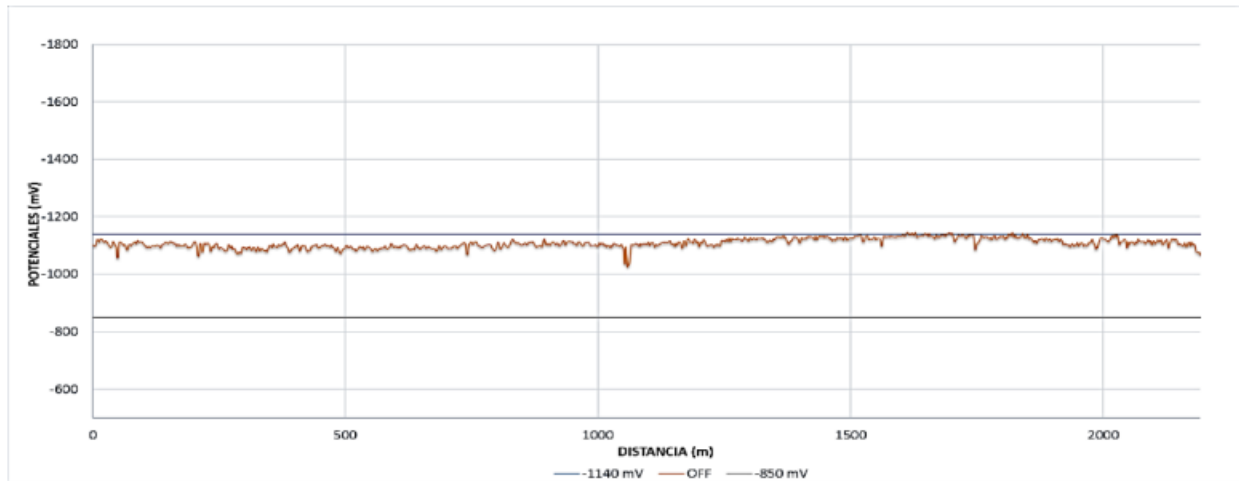
Usando una diferencia de potencial, donde la corriente de "potencial ON" se usa para determinar la condición del recubrimiento y la corriente de corte de "potencial OFF", como se muestra en la Figura 13 en el voltímetro de registro, esto requiere un temporizador cíclico para eliminar errores en la medición y determine el grado de polarización en la tubería.

En la técnica CIPS, el "potencial ON" debe ser mayor que el "potencial OFF", porque el "potencial OFF" ayuda a determinar con precisión los niveles de polarización de la tubería, de los cuales:

- Potenciales OFF que estén por debajo del valor de -850 mV, como se evidencia en la figura 13 determina una insuficiencia en la polarización del acero, lo que quiere decir que hay una presencia de corrosión.
- Potenciales OFF que estén por encima del valor de -1140 mV, como se muestra en la figura 13 quiere decir que se presenta una excesiva polarización del acero, perjudicando el revestimiento con efectos de despegue catódico.

Figura 13.

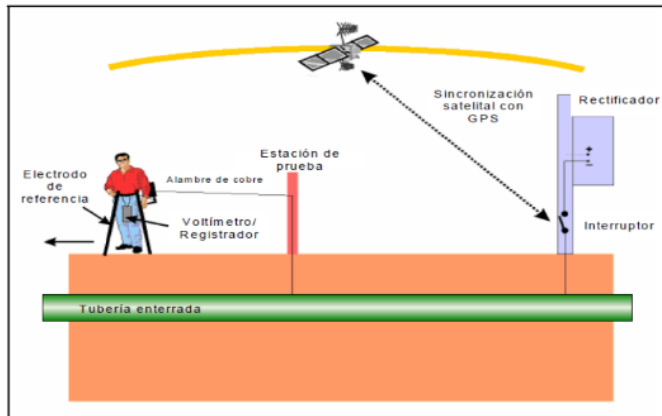
Potencial OFF



El potencial ON permite evaluar el estado del revestimiento del tubo, teniendo en cuenta varios aspectos como: un potencial estable el cual significa que existe una diferencia constante entre los potenciales "ON-OFF", reduciendo la diferencia entre los potenciales "ON-OFF".

Perfil y perfil potencial en zonas donde existen fallas, teniendo en cuenta que su tamaño es proporcional a la gravedad del defecto.

EMPRESA DE INGENIERÍA EN INTEGRIDAD DE DUCTOS. Auditoría de sistemas de protección catódica y estados de conservación de revestimientos anticorrosivos en gasoductos y oleoductos. [En línea]

Figura 14.*Configuración CIPS***2.7.2 METODO DCVG**

Se utiliza para determinar la ubicación de defectos en el revestimiento de la tubería, indicado así la presencia de corrosión y su gravedad, interviniendo en el funcionamiento del SPC. La protección catódica (C.P.) hace que la corriente fluya hacia los puntos expuestos del conducto de acero, donde se ubican las fallas individualmente. Una vez que se identifica un defecto, su importancia se determina en función de su tamaño. Este método tiene limitaciones a la hora de disponer las tuberías conectadas a un DDV compartido.

Técnica de prueba de gradiente de tensión (DCVG). Este fue desarrollado para analizar los defectos de revestimiento de tuberías subterráneas, mediante pruebas basadas en la técnica de registrar el potencial en el terreno de la tubería con capa de protección catódica y determinar la dirección de la corriente directamente relacionada con la sensibilidad del voltímetro.

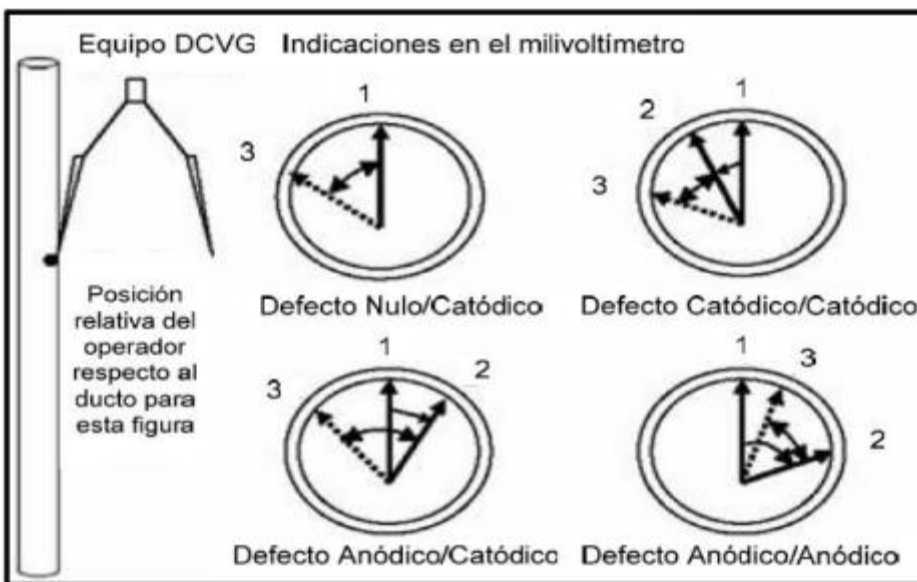
La técnica DCVG se puede realizar de dos maneras, primero de manera perpendicular, donde se dibuja una línea imaginaria entre los electrodos de referencia en la superficie del suelo perpendicular a la dirección de la tubería, y segundo de manera lineal o paralela, de esta forma se

traza una línea imaginaria entre los electrodos de referencia, la cual será paralela al centro de la tubería.

La sensibilidad del dispositivo ayuda a localizar fallas menores de aproximadamente 10 cm y la gravedad de la falla está relacionada con la amplitud del gradiente de voltaje entre el centro de la falla y tierra. Dependiendo del nivel de influencia, se clasifica en cuatro categorías donde la categoría uno se considera importante y la categoría cuatro se considera sin importancia

Figura 15.

Indicaciones de la aguja del milivoltímetro del DCVG



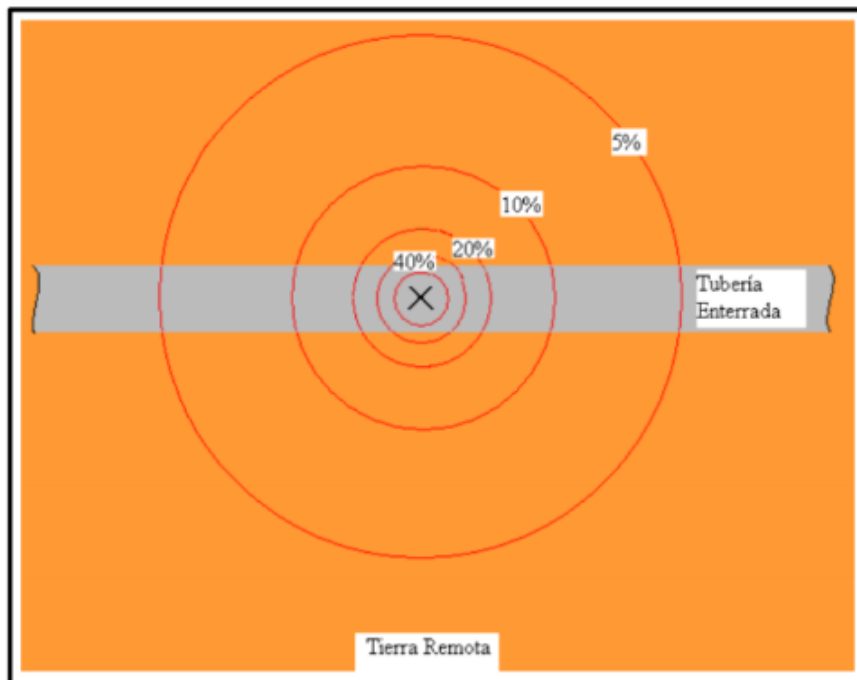
Por otra parte, en la figura 15 la posición y el movimiento de la aguja en el equipo DCVG permite determinar el comportamiento del defecto, ya sea catódico – catódico, catódico – anódico y anódico – anódico. Este carácter y el porcentaje de severidad que se clasifican, establecen las medidas a tomar sobre el defecto encontrado.

Debido a que el sitio del defecto está rodeado de suelo, se presenta un gradiente de voltaje por el alto flujo de corriente hacia el defecto, el potencial al nivel del suelo sobre la tubería puede ser significativamente mayor que cero. Esto se conoce como la tierra remota, en la cual se puede evidenciar la perturbación del defecto donde la explicación se da por medio de una serie de esferas concéntricas y en cada superficie de las esferas tiene un potencial constante.

[19]EMPRESA DE INGENIERÍA EN INTEGRIDAD DE DUCTOS. Auditoría de sistemas de protección catódica y estados de conservación de revestimientos anticorrosivos en gasoductos y oleoductos. [En línea]

Figura 16.

Gradiente de potencial en la superficie del suelo asociado con un defecto



En la Figura 16, el epicentro del potencial se vuelve cada vez menor a medida que se aleja, provocando que la caída de potencial vaya disminuyendo gradualmente hasta alcanzar una diferencia constante o máxima del 5%.

Esto se hace desde el punto de defecto identificado a cierta distancia, dejando un electrodo de referencia y avanzando hacia un hemisferio del tubo aproximadamente más de un metro

Las pruebas combinadas CIPS y DCVG ayudan a evaluar el estado de los recubrimientos y la protección catódica. Ninguno de los métodos puede revelar la causa de la anomalía en el campo eléctrico medido, no dan una estimación cuantitativa de la resistencia a las fugas y es necesario conocer el recorrido del conducto. Los resultados de las mediciones del campo eléctrico dependen en gran medida de

las propiedades ambientales (resistividad subterránea) y pueden variar según las condiciones climáticas, por lo que las mediciones pueden subestimarse o sobreestimarse.

2.8 Alternativa #4 (recubrimiento en tuberías de gas)

Son protectores contra la corrosión para tuberías aéreas y enterradas, cuya composición debe tener las siguientes propiedades:

- Reduce los efectos de la corrosión.
- Buena adherencia a superficies metálicas, evitando la migración de humedad debajo del revestimiento.
- Capacidad de resistir impactos durante el transporte y la instalación de tuberías, así como resistencia a la deformación durante la operación de tuberías.
- Aplicar propiedades compatibles con cualquier protección catódica.
- Suficientemente flexible para resistir el agrietamiento.
- Técnicas: Sistema de recubrimiento de hielo para oleoductos enterrados y Sistema de recubrimiento de ciclo alifático para oleoductos y gasoductos.

Un recubrimiento puede definirse como una mezcla heterogénea de ingredientes que una vez aplicada sobre la superficie a proteger se seca formando una película continua sobre el sustrato.

Las pinturas se pueden clasificar según su uso previsto: decorativas, industriales, pavimentos y protección industrial.

También se pueden clasificar según el tipo de componentes orgánicos e inorgánicos, el tipo de sistema utilizado (monocapa o multicapa), el tipo de mecanismo formador de película, etc.

En la clasificación encontramos recubrimientos orgánicos (a base de petróleo crudo y sus derivados), recubrimientos inorgánicos y metálicos.

2.8.1 SELECCIÓN DE RECUBRIMIENTO

Las principales características a considerar al seleccionar un recubrimiento son:

- Composición química y propiedades físicas.
- Resultados de pruebas de exposición.
- Acelerar los resultados de las pruebas de rendimiento.
- Rendimiento general del recubrimiento en ambientes similares.
- Compatibilidad del revestimiento con las condiciones de servicio y superficiales.

Hay una serie de características que se deben conocer para seleccionar un sistema de recubrimiento adecuado; Entre estos se encuentran: Ambientes dominantes en el área (clasificación ambiental): se refiere al clima dominante incluyendo: temperatura, humedad, frecuencia de lluvias, ubicación cerca del mar, etc.

La clasificación ambiental se puede realizar según la norma UNE-EN ISO 12944, que presenta seis clases de corrosividad, de muy baja a muy alta en ambientes industriales y muy alta en ambientes marinos.

Esta norma establece que la corrosión de los metales es función de la corrosividad de la atmósfera y toma en cuenta aspectos tales como: clima, medio ambiente, tipo de atmósfera (rural, urbana, industrial y marina) y otros aspectos; para identificar alternativas anticorrosión específicas del sitio.

La clasificación de la corrosión debe realizarse en función del entorno o microclima circundante de la estructura, ya que esto es más importante en el control de la corrosión.

2.8.2 APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO.

Existen varios métodos de aplicación, los cuales son: brocha, rodillo, equipo de aspersión con aire y sin aire; cada método tiene características, ventajas, desventajas y limitaciones específicas, además de las razones operativas y económicas que proporciona cada método (PSM-DUPONT, 2016).

2.8.3 TIEMPOS DE APLICACIÓN.

Una vez logrado el perfil de limpieza y curado, no se debe aplicar el recubrimiento por más de 4 horas si la superficie se encuentra en un ambiente seco; si el ambiente es húmedo, el recubrimiento debe aplicarse en el menor tiempo posible, a mayor humedad, más oxidada la superficie; si la humedad relativa es superior al 85%, no se debe continuar con la limpieza. El chorreado abrasivo seco no debe usarse para la limpieza ni mucho menos aplicar pintura si la temperatura de la superficie no está al menos 3 °C por encima del punto de rocío. Las superficies

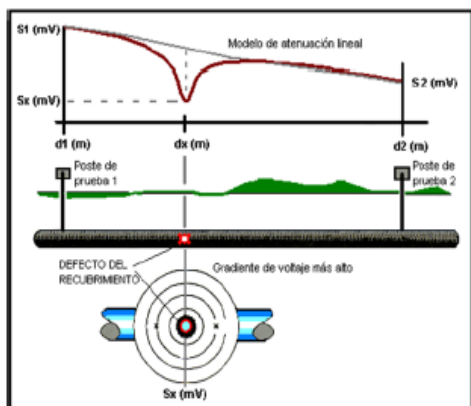
limpiadas no deben estar contaminadas con suciedad, polvo, partículas de metal, aceite, agua u otras materias extrañas que puedan surgir del sistema de transporte o manejo de materiales.

2.9 TAMAÑO DEL DEFECTO

El tamaño del defecto se determina midiendo la pérdida de potencial entre el epicentro del defecto y la tierra remota. Este valor se expresa como una fracción del cambio de potencial de la tubería (el aumento de potencial debido a la aplicación de protección catódica) para calcular un porcentaje nominado %IR. Para tasar la severidad de un defecto en el recubrimiento según las mediciones DCVG, se calcula el llamado índice de Severidad, que es el parámetro indicativo del tamaño e importancia de un defecto. El sentido de este cálculo es expresar el potencial a tierra remota sobre la línea (OL/RE), como un porcentaje del gradiente de potencial teórico tubería - tierra remota sobre el defecto. Este gradiente, también llamado potencial tubería a tierra remota (Pipe/Remote Earth - P/RE), se calcula conforme a la atenuación del pulso con la distancia, cuya aproximación teórica corresponde a un modelo lineal, como se muestra en la Ilustración 3

Figura 17.

Atenuación de la señal DCVG



La expresión para obtener el potencial de la tubería a tierra remota (P/RE) de

$$(P/RE) = S_1 - \frac{S_1 - S_2}{d_1 - d_2} (d_1 - d_x)$$

Cualquier defecto es:

$$\%IR = \frac{(OL/RE) * 100}{(P/RE)}$$

Donde:

S1: Señal DCVG a tierra remota en el poste de inicio

S2: Señal DCVG a tierra remota en el poste siguiente

d1: Abscisa del poste de inicio

d2: Abscisa del poste siguiente

dx: Abscisa del defecto

TECNOLOGIA TOTAL. [En línea] , TECNA ICE. [En línea]

<>,<<https://tecna-ice.com/la-proteccion-catodica-explicada/>>

[Citado el 18 de enero de 2021], [Citado el 19 de diciembre de 2021]

Para obtener las señales DCVG a tierra remota, también llamadas pulsos (S_i) debemos usar la siguiente expresión:

$$S_i = P_{ON} - P_{OFF} + (OL/RE)$$

Con el potencial P/RE y el potencial OL/RE se calcula el índice de severidad para un defecto, llamado %IR, y su expresión matemática es

Las anomalías son designadas de acuerdo con las siguientes cuatro categorías presentadas en la Tabla 1, según sus respectivos valores de %IR.

Tabla 1

.Categoría de severidad según el análisis

Categoría	Severidad (%IR)	Instrucciones	Tiempo De Intervención
1 - BAJA	1 a 15	Las discontinuidades de esta categoría son frecuentemente consideradas de baja importancia, y su reparación no es requerida. Un SPC mantenido apropiadamente generalmente provee de una protección efectiva a largo plazo para esas áreas de acero expuesto.	Al ser caracterizado como fallas pequeñas, usualmente pueden dejar ser reparados si el SPC está en buen estado operativo y no hay muchas pequeñas fallas cercanas entre sí
2 - MEDIA	16 a 35	Las discontinuidades de esta categoría se recomiendan para reparación largo/mediano plazo, basados en su proximidad a las camas anódicas y otras estructuras de importancia. Estos HOLIDAYS no son considerados como amenazas serias y comúnmente son protegidos por un SPC mantenido apropiadamente. Este tipo de discontinuidades puede ser programado para un monitoreo adicional ya que fluctuaciones en los niveles de protección catódica, así como el deterioro extremo del recubrimiento, pueden alterar su estado (ESTATUS).	Caracterizada como fallas medianas pueden ser reparadas durante los trabajos de mantenimientos normalmente programados (1 año)

<p>3 - GRANDE</p>	<p>36 a 60</p>	<p>HOLIDAYS en esta categoría son considerados generalmente de reparación a corto plazo. La cantidad de metal expuesto en una discontinuidad del revestimiento indica que puede ser un consumidor considerable de corriente de PC y que puede estar presente un daño serio en el recubrimiento. Estas discontinuidades serian normalmente recomendadas para reparaciones programadas basadas en la proximidad a camas anódicas y a otras estructuras de importancia y pueden ser consideradas como una amenaza global para la integridad de la tubería. Tal como la categoría 2, este tipo de</p>	<p>Caracterizadas como fallas grandes y necesitan ser excavadas, inspeccionadas y reparadas con el fin de corregir lo que podría considerarse un fallo significativo del recubrimiento (<1 año- 6 meses)</p>
<p>4 - EXTRAGRANDE</p>	<p>61 a 100</p>	<p>Las discontinuidades de esta categoría son generalmente recomendadas para reparación inmediata. La cantidad de metal expuesto indica que, la discontinuidad, es un consumidor considerable de corriente de protección catódica y que puede estar presente un daño masivo en el recubrimiento. Estos HOLIDAYS indican problemas muy serios en el recubrimiento y son generalmente, considerados como una amenaza para la</p>	<p>Caracterizadas por ser extragrandes e importantes fallas y deben ser excavadas prontamente para excavación e inspección (< 6 meses)</p>

3.9.1 COMPORTAMIENTO DEL DEFECTO

Cuando el SPC se encuentra activo (ON) o inactivo (OFF) las anomalías presentan 4 comportamientos clasificados en la Tabla 2.

Tabla 2.

Clasificación de los comportamientos de las anomalías

Código	Comportamiento	Interpretación
C/C	Catódico/Catódico	Esta categoría denota discontinuidades que son catódicas (protegidas) mientras que el SPC está activo (ON) y permanece polarizado cuando el SPC es interrumpido o apagado (OFF). Hay consumo de corriente de PC, pero no hay corrosión activa.
N/C	Nulo/Catódico	Esta categoría se refiere a las discontinuidades son protegidas mientras que el SPC está activo (ON) pero retorna a un estado nativo cuando el SPC es interrumpido. Estas discontinuidades consumen corriente y puede que se activen procesos de corrosión cuando haya una alteración del SPC.
A/C	Anódico/Catódico	Esta categoría denota discontinuidades que se muestran protegidas mientras que el SPC está activo (ON) pero se muestra anódico cuando el SPC es interrumpido. Debido a que el valor durante la interrupción corresponde al potencial en la interfaz entre la tubería y el suelo, estas discontinuidades pueden presentar corrosión aun cuando el SPC está operando apropiadamente y también consumen corriente
A/A	Anódico/Anódico	Esta categoría se refiere a las discontinuidades que no reciben protección a pesar de estar el SPC activo (ON) o apagado (OFF). Ellos pueden presentar procesos corrosivos activos y pueden o no consumir corriente.

A continuación se presentan los datos obtenidos de las técnicas CIPS y DCVG, diagnosticando el estado de corrosión de la línea, teniendo en cuenta los defectos presentes y el comportamiento corrosivo, Se analiza todas las mediciones simultáneamente para poder determinar el comportamiento de la corrosión a través de la tubería.

3 DESARROLLO DE OBJETIVOS

3.1 INFORMACIÓN LÍNEA Y PROTECCIÓN CATÓDICA

Figura 18.

Información general del gasoducto

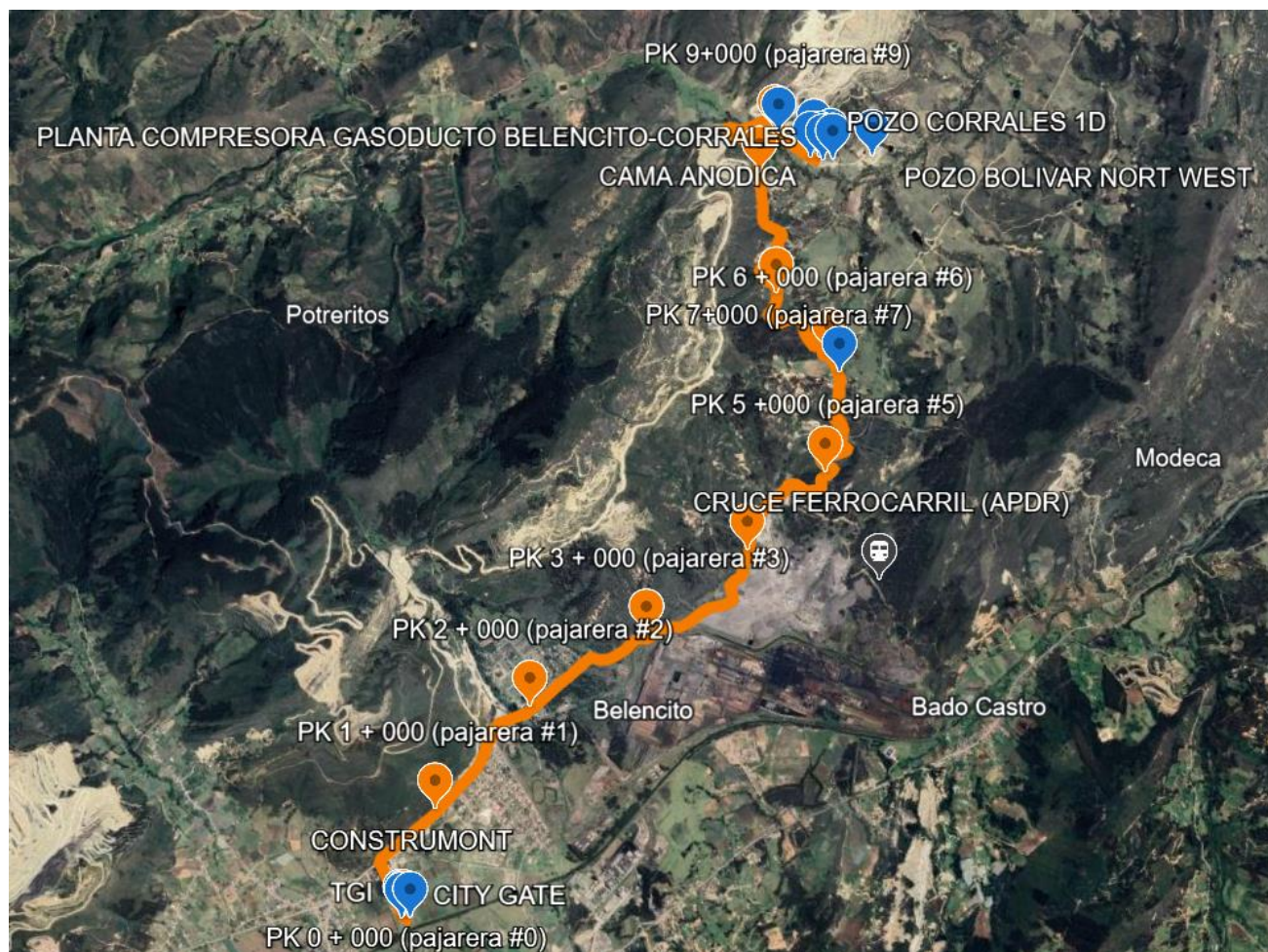
INFORMACION GENERAL GASODUCTO CORRALES
Diametro exterior: 5.5 pulg
Espesor de la tubería: 0.322 pulg
Referencia: API 5L X 42
Longitud total: 9.363 km
Puntos de inspeccion: 10 x KM
Anodos: 4 MMO

A lo largo del proyecto se recopiló cualquier cantidad de información relevante, inicialmente la información ya expuesta era muy poca, gracias a los operadores y contratista, se fue organizando por categorías y características, los datos principales de la línea del gasoducto, además de cada una de sus propiedades.

3.2 GEOGRAFÍA GASODUCTO

Figura 19.

Geografía del gasoducto (recorrido)



Este es el recorrido, punto a punto del gasoducto, ubicación y localización geográfica, donde se demarcan una y cada uno de los puntos de inspección, pozo de donde se genera la salida del gas, planta de procesos, inicio de gasoducto y punto de entrega, las coordenadas del punto de inicio son 5°48'18"N 72°52'07"W y las del punto de entrega 5°45'43"N 72°54'07"W.

3.3 ACTIVOS INVOLUCRADOS EN PROTECCION CATODICA POR CORRIENTE

IMPRESA

CAMA ANÓDICA

FICHA TECNICA DE EQUIPOS Y RELACION DE MANTENIMIENTO PLANTA DE GAS.				CODIGO	FOR-MTO-16
				VERSION	02
				FECHA	6/1/2016
FICHA TECNICA.					
NOMBRE:	CAMA ANODITA-CAJA		MODELO:	JUCTION BOX	
FABRICANTE:	NEMA 4X	MATERIAL DE FABRICACION:	FUNDICION DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE		
UBICACIÓN:	5°48'18"N 72°52'05"W				
DESCRIPCION BASICA DEL EQUIPO.					
CONDICIONES DE TRABAJO OPTIMAS SEGÚN FABRICANTE:		OBSERVACIONES PARA EL MANTENIMIENTO:			
		REVISION DE ESTADO DE INTEGRIDAD DE LA PROTECCION CATODICA, LIMPIEZA CON POLYPIG.			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 4100 A 4500 HORAS: NO DEBEN PRESENTAR EN LA INSPECCION CUALQUIER SISNTOMA DE CORROSION, AGRIATAMIENTO, HUNDIMIENTO Y DETERIORO EXCESIVO DE PINTURA.					
CONDICIONES ELECTRICAS.		CONDICIONES HIDRAULICAS, NEUMATICAS.		CONDICIONES MECANICAS.	
SE TIENE UNA CAJA ANTIEXPLOSION CON CABLEADO ELECTICO QUE NOS AYUDA A SABER EL ESTADO UTIL DE CADA ANODO ENTERRADO		N/A		N/A	
MEDIDAS(Alto, Ancho y profundidad):		40 X 30 X 15			
FRECUENCIA MTO PREVENTIVO		ANUAL			
PROVEEDOR IDONEO		SOLDECEL			
CONTACTO:		LEONARDO VELASQUEZ			
TIPO DE CONEXIÓN DE SALIDA:		POR MEDIO DE CABLEADOS		MATERIAL DE CONEXIÓN	
TIPO PINTURA, CLASE		ELECTROSTATICA COLOR GRIS TIPO PÓLIESTER		TORNILLERIA INOXIDABLE	




CAMA ANODICA


HOJA DE VIDA EQUIPOS Y RELACION DE MANTENIMIENTO PLANTA DE GAS.				CODIGO	FOR-MTO-16
				VERSION	02
				FECHA	6/1/2016
FICHA TECNICA.					
NOMBRE:	ANODOS		MODELO:		
FABRICANTE:	BRANCE-KRANCHY CO., INC	PAIS DE FABRICACION:	HOUSTON		
UBICACIÓN:	5°48'18"N 72°52'05"W(INCRUSTADOS A 2.4 METROS Y SEPARADOS CADA 1.5)				
DESCRIPCION BASICA DEL EQUIPO.					
TIPO		1 X 60" MMO ANODE W/13"		OBSERVACIONES PARA EL MANTENIMIENTO:	
MATERIAL		MMO		REVISION DE ESTADO Y DE GENERACION DE CORRIENTE MEDIANTE TOMA DE DATOS.	
CONDICIONES DE TRABAJO OPTIMAS SEGÚN FABRICANTE:					
MANTENIMIENTO PREVENTIVO : NO DEBEN PRESENTAR EN LA INSPECCION CUALQUIER SISNTOMA DE CORROSION, AGRIATAMIENTO, HUNDIMIENTO Y DETERIORO EXCESIVO DE PINTURA.					
CONDICIONES ELECTRICAS.		CONDICIONES HIDRAULICAS, NEUMATICAS.		CONDICIONES MECANICAS.	
SE MANEJA UNA DENSIDAD DE CORRIENTE ENTRE LOS 80 Y 100 A Y SALIDA DE CORRIENTE DE 13.00 A		N/A		INCRUSTADOS MECANICAMENTE A 2.4M AISLADOS REFORSAO CON RESINA EPOXICA PARA EVITAR IMPACTOS O ESFUERZOS MECANICOS	
MEDIDAS(Alto, Largo y Ancho)		1" X 60"			
FRECUENCIA MTO PREVENTIVO		ANUAL			
PROVEEDOR IDONEO		BRANCE KRANCHY CO., IN..			
OTROS:					
CONTACTO:		HOUSTON TX 713 225 6661			
TIPO DE CONEXIÓN DE SALIDA:		POR CABLE (AWG NRO 8)		MATERIAL DE CONEXIÓN	
TIPO PINTURA, CLASE		NO APLICA		SE APLICAN 15 GR DE SOLDADURA EXOTERMICA	



FUENTE RECTIFICADORA

HOJA DE VIDA EQUIPOS Y RELACION DE MANTENIMIENTO PLANTA DE GAS.						CODIGO	FOR-MTO-16
						VERSION	02
						FECHA	6/1/2016
FICHA TECNICA.							
NOMBRE:	FUENTE RECTIFICADORA Y TRANSFORMADOR			MODELO:	20-20		
FABRICANTE:	INSPECCIONES PAREL CONTROL DE CORROSION S.A.S	PAIS DE FABRICACION:	COLOMBIA				
UBICACIÓN:	5°48'17"N 72°52'05"W						
DESCRIPCION BASICA DEL EQUIPO.							
VOLTAJE AC-DC	VAC:110-120	VDC: 20	FILAMENTO FINO-GRUESO	2 FINO-B GRUESOS	CAP. DE ALMACENAJE:	NO APLICA.	
SERIAL:	20-20		OBSERVACIONES PARA EL MANTENIMIENTO:				
CORRIENTE AC-DC	IAC:2.6-1.3	IDC:10	REVISION DE BREAK,PUNTOS CALIENTES , ANALISIS DE VOLTAJES, AMPERAJES DE ENTRADA Y SALIDA.				
CONDICIONES DE TRABAJO OPTIMAS SEGÚN FABRICANTE:							
MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUALMENTE : NO DEBEN PRESENTAR EN LA INSPECCION CUALQUIER SISNTOMA DE CORROCCION, AGRIATAMIENTO, HUNDIMIENTO Y DETERIORO EXCESIVO DE PINTURA.							
CONDICIONES ELECTRICAS.		CONDICIONES HIDRAULICAS, NEUMATICAS.			CONDICIONES MECANICAS.		
RECIBE UN VOLTAGE DE 110-120		N/A			EQUIPO REFRIGERADO POR AIRE		
FRECUENCIA MTO PREVENTIVO		ANUAL					
PROVEEDOR IDONEO		INSPECCIONES PAREL CONTROL DE CORROSION S.A.S					
CONTACTO:		3114345773					
TIPO DE CONEXIÓN DE SALIDA:	POR MEDIO DE CABLES EMPALMADOS		MATERIAL DE CONEXIÓN	CABLES			
TIPO PINTURA, CLASE	REFIRGERADO POR AIRE ENCABINADO						

PUNTOS DE TOMA DE POTENCIALES

HOJA DE VIDA EQUIPOS Y RELACION DE MANTENIMIENTO PLANTA DE GAS.						CODIGO	FOR-MTO-16
						VERSION	02
						FECHA	6/1/2016
FICHA TECNICA.							
NOMBRE:	TOMA DE MUESTRA DE POTENCIALES-PAJARERAS			MODELO:			
FABRICANTE:	PROIMCO	PAIS DE FABRICACION:	COLOMBIA				
UBICACIÓN:	ESTOS SE ENCUENTRAN UBICADOS A LO LARGO DE LA LINEA DEL GASODUCTO KM A KM DESDE EL PK 0+000 AL PK 9+000						
DESCRIPCION BASICA DEL EQUIPO.							
DIAMETRO	6.5 PULG		OBSERVACIONES PARA EL MANTENIMIENTO:				
PROFUNDIDAD	2.1 m		TENER ENCUENTA ESTADO SUPERFICIA DEL ACTIVO, AL MISMO TIEMPO REVISAR CONEXIONADO DE ANODOS A PLACA DE TOMA DE POTENCIALES				
ALTO	1.5 m						
CONDICIONES DE TRABAJO OPTIMAS SEGÚN FABRICANTE:							
MANTENIMIENTO PREVENTIVO CADA AÑO : NO DEBEN PRESENTAR EN LA INSPECCION CUALQUIER SISNTOMA DE CORROCCION, AGRIATAMIENTO, HUNDIMIENTO Y DETERIORO EXCESIVO DE PINTURA.							
CONDICIONES ELECTRICAS.		CONDICIONES HIDRAULICAS, NEUMATICAS.			CONDICIONES MECANICAS.		
EXPUESTO A MILIVOLTIOS, PRODUCIOS DESDE LA FUENTE RECTIFICADORA.		N/A			PUNTOS CONSTRUIDOS PARA LA MEDICION DE POTENCIALES ENVIADOS DESDE LA FUENTE RECTIFICADORA		
PESO DEL EQUIPO:							
MEDIDAS(Alto, Largo y Ancho)		1.5M LARGO		6.5" PULG ESPESOR			
FRECUENCIA MTO PREVENTIVO		ANUAL					

3.4 DIAGNÓSTICO DEL GASODUCTO INTERNAMENTE

Las actividades de mantenimiento a menudo no se toman tan en serio como deberían. Tengamos en cuenta que esto es de vital importancia porque con esto aseguramos el mantenimiento de nuestro flujo y podremos mantener estas condiciones constantes durante toda la vida de la línea. El principal objetivo de estos ciclos de mantenimiento es eliminar parafinas, polvo de óxido y eliminar agua de condensación.

Otras aplicaciones de este ciclo son la separación entre productos de una misma línea y la aplicación de inhibidores de corrosión. Diablo de limpieza, se refiere a cualquier dispositivo que pueda usarse en una tubería para realizar operaciones tales como eliminar la suciedad y el agua acumulada en la tubería, limpiar la tubería después de realizar pruebas hidrostáticas, secar la tubería e inspeccionar la tubería, para detectar si tiene abolladuras, ranuras, pandeo o corrosión excesiva.

Para determinar esto último se utilizan marranos electrónicos o marranos de calibración. Esta herramienta de limpieza es enviada por la trampa lanzadora y recogida por la trampa receptora, está equipado con un cepillo que permite limpiar el interior del conducto de aire. Esto requiere extremar la precaución, de lo contrario puede provocar efectos adversos a la hora de limpiar las tuberías.

En general, la limpieza de gasoductos se realiza cuando hay presencia de líquido o impurezas, cuando la eficiencia de transmisión está en su capacidad teórica y cuando están por entrar en servicio nuevos gasoductos.

Para analizar la hidráulica de la tubería mientras la herramienta de limpieza pasa por el gasoducto se deben considerar las siguientes premisas básicas: longitud de la tubería, diámetro interior, temperatura del fluido, presión de transporte, peso molecular del gas, caudal del gas a tratar , entre otros.

3.4.1 OBJETIVO

- Ejecutar metodología raspa tubo o marraneo utilizando POLI-PING donde consideraremos un desplazamiento de 9,360 metros comprendido desde la planta de procesos corrales hasta la estación de entrega city gate.
- Establecer paso a paso el procedimiento a ejecutar con seguridad y secuencia lógica tomando como referencia trabajos ya establecidos anteriormente.
- Ubicar y calificar áreas más críticas que requieran intervención para reparar.

3.4.2 ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONA A UTILIZAR.

Uso de casco, botas de seguridad, Guantes de vaqueta, camisa manga Larga, gafas de seguridad con protección lateral, protector auditivo, protector solar, mascarillas para vapores, trajes taiber, guantes de nitrilo.

Se sugiere antes del inicio de la actividad si es en horas diurnas hidratar al personal involucrado.

3.4.3 PRECAUCIONES

- Durante la ejecución de este instructivo deben observarse prácticas seguras de trabajo.
- Equipo de protección personal debe ser utilizado adecuadamente mientras se está ejecutando el procedimiento limpieza y mantenimiento.
- Uso adecuado del detector de atmosferas peligrosas, y se sugiere turnar por lapsos de 1 hora mientras estén entro de la caja API.
- Se relacionan otras precauciones de Seguridad y Salud Ocupacional en el AST (Análisis de Trabajo Seguro).
- Para prevenir daños al medio ambiente causados por fugas o derrames, debe mantenerse en el sitio material apropiado de contención (Material absorbente y extintores).

3.4.4 ELEMETOS DISPONIBLES PARA EL PROCEDIMIENTO EN EL CAMPO

RASPADORES	TRAMPA DE ENVIO CAMPO CORRALES	TRAMPA DE CENTRO DE ENTREGA CITY GATE	PERTIGAS
4 RASPADORES BLANDOS 1 RASPADOR GRUESO	Estado optimo	Se encuentra en buen estado	2PERTIGAS

3.4.5 PERSONAL DISPONIBLE PARA LA FECHA ESTIMADA.

PERSONAL DE OPERACIONES

- JORGE SUAREZ

PERSONAL DE MANTENIMIENTO

- BELISARIO ROJAS
- JAVIER ROJAS
- HERNANDO NEGRETE

3.4.6 TIEMPOS ESTIMADOS

7:00 AM realizar permisos de trabajo respectivos para la operación

8:00 am se da inicio a la limpieza del gaseoducto

8:30 am se envía 1er raspador por la línea

9:30 am se envía 2do raspador por la línea

9:30 am-12m se verifica viabilidad y análisis de ingreso de un 3er raspador

Tiempo de llegada de raspadores está estimada entre las 6-8 HORAS

3.4.7DESCRIPCION METODOLOGICA.

En la siguiente se plantean requisitos y desarrollo paso a paso de la operación a realizar.

ACTIVIDADES	RESPONSABLES
PRERREQUISITOS	
1. Realizar una reunión pre operacional entre el personal de la planta y la empresa a contratar, antes de la operación para analizar riesgos y delegar funciones.	ANALISTA HSEQ
2. Personal capacitado en la operación, con curso para espacio confinados.	
3. Uso continuo de los EPP.	
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> • Diligenciar permiso de trabajo ya que no es una operación rutinaria y requiere de él. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Alistar las herramientas y el material que se va usar para la limpieza. (palas plásticas, jabón desengrasante etc.) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Desde el día anterior al trabajo cerrar la válvula y desconectar el tramo de tubería que entra a la caja API, levantar la tapa y dejar abierta la caja para que salgan los 	

<p>vapores. Si es posible ventilar o instalar un extractor sería mucho mejor.</p>	<p>Equipo de operadores Planta de Gas.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Después de ventear la caja realizar medición de atmosferas sin nos indica que está libre de vapores peligrosos, podremos entrar a realizar el trabajo de lo contrario seguir venteando hasta que nos de cero atmosferas peligrosas. ● Verificar y Abrir válvula de 2” de la trampa gasoducto que se dirige a tea, para liberar presión que se encuentre contenida. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Abrir la escotilla de la trampa de gasoducto usando llave. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Se posiciona raspador Poly-Pig con el aro hacia el frente y con la pértiga se desplaza hasta el fondo de la trampa. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Se cierra escotilla de la trampa. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Abrir lentamente la válvula de 2” que conecta la línea de gasoducto con la trampa para igualar las presiones. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Se va abriendo la válvula de 6” que abre la trampa al gasoducto, se cierra la válvula de 6” del gasoducto principal. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Esperamos un tiempo prudencial. 	

<ul style="list-style-type: none"> • Se normaliza el gasoducto de manera coordinada abriendo la válvula de 6” línea del gasoducto, se cierra válvula de 6” que se encuentra a la salida de la trampa. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Cierra válvula de 2” que comunica el gasoducto con la trampa. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Abrir válvula 2” de la trampa gasoducto que se dirige a tea, para liberar presión que se encuentre contenida. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Abrir escotilla de la trampa y con una linterna verificar que el raspador se allá ido por la línea de gasoducto. 	<p>Equipo de operadores Planta de</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pasados 30 min repite los pasos anteriores, enviando el raspador blando. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los operadores se dirige al CITY GATE NAZARETH BELENCITO para estar atentos a la llegada de los raspadores. 	
<ul style="list-style-type: none"> • En el City Gate va abrir la válvula de 6” que comunica la trampa con el gasoducto para igualar presiones. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Después abrirá la válvula 4” para igualar presiones, con línea que comunica scrubber de entrada al City Gate. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar válvula de 6” de entrada de gasoducto a el City Gate. 	

<ul style="list-style-type: none"> ● Pasadas 4 hrs, abrirá nuevamente la válvula de 6" de entrada a gasoducto. 	<p>Gas.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Cerrar la válvula de 4" que comunica scrubber entrada al City Gate, línea de la trampa. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Cerrar válvula de 6" que comunica al gasoducto con la trampa. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Abrir válvula 2" que conecta con la línea tea para despresurizar la trampa. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Abrir escotilla de la trampa y verificar si los raspadores llegaron. ● Si no se encuentran los raspadores repetir los pasos anteriores. ● Abrir cada hora la trampa verificar si lleguen raspadores Poly- Ping. 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Llegado el rapador rígido se le mide su diámetro para ver desgaste que tuvo debido a la fricción con la línea del gasoducto. ● Llegado el Poly-Ping (espuma) se pesa para ver la suciedad y disolvente 1A que pudo recoger durante recorrido en la línea del gasoducto. 	

<ul style="list-style-type: none"> ● Tener en cuenta el tiempo que se demoran en llegar los Poly- Ping rapadores para su respectivo informe al jefe inmediato. 	
---	--

NOTA: Los operadores son responsables de la planta, manipulación válvulas, en Coordinación con el Supervisor, Planta Gas o en su defecto quien esté en su remplazo, en apoyo con el personal que tenga conocimiento a tarea realizar.

3.4.8 RESULTADOS

Siendo las 9:00 am se da inicio con la operación de limpieza de gasoducto con los raspadores POLY-PIG, se llena el permiso de trabajo y se hace una pequeña reunión operacional de la actividad a realizar

Se lleva el raspador blando a una báscula gramera para tomar su peso inicial.

Figura 20.

Peso inicial polypig #1 y #2



Se procede a la despresurización de la trampa y alistar ingreso de raspadores y diablo.

Figura 21.

Despresurización de la trampa



A las 9:20 am se lanza el primer raspador, Presión de gasoducto antes de lanzar el raspador 564 psi.

Figura 22.

Ingreso polypig #1



Polypig #2 ingresa y se lanza a las 9:40 am

Figura 23.

Ingreso de diablo raspador.



Presión de gasoducto después de lanzado el primer raspador disminuye 558 psi y el flujo es de 3.345.000

Se verifica a las 11:15, donde se nota el primer raspador.

Figura 24.

Polypig recibidos en el city gate



Se reciben 3 elementos porque 2 son de espuma (blandos) y el otro es el raspador (blando), adicional se encuentra un elemento que se encontraba extraviado, de las limpiezas anteriormente ya desarrolladas

Sobre las 24 horas se abre nuevamente la trampa encontrado el raspador grueso, se encuentra un polvo negro que sale con el raspador se ventea 15 min a la tea

Diablo raspador recibido en el city gate



Tiempo aproximado de recorrido del raspador grueso 10 horas con 39 min

Se alinea nuevamente a gasoducto normal y se deja todo como estaba

Nota: se analizan las diferencias de pesos antes y después de, además del estado después de la limpieza, se encuentran rastros de grasa, líquidos y virusas, donde se aconseja un estudio más amplio exactamente electrónico donde verifiquemos grosores de la línea, y puntos de interferencia exactos y así poder tener unos resultado mucho más exactos del estado interno de la línea.

4 DIAGNÓSTICO EXTERNO DE LA LÍNEA DE GASODUCTO

4.1 EQUIPOS UTILIZADOS

Tabla 3

. Listado de equipos y accesorios

Item	Descripción	Cantidad
Equipos		
1	Receptor PCMx Serie 10-Pcmx-1674 Con Transmisor Tx-10 Serie 10-Tx-10b-15266 Incluye Accesorios Cargador, Varilla Portatierra, Extensión De Cable Con Codrilo Rojo Y Negro.	1 unid
2	GPS CHC X900u/N 912308-Hce320 S/N 381000080 Con Antena Y Accesorios	1 unid
3	Equipo DCVG Analógico Serie 4015 Con 2 Bastones Con Sus Electrodo Cu/Cuso4 Y Accesorios Como Cargador Del Equipo	1 unid
4	Electrodo Referencia Cu/Cuso4 Mc Miller Re-5c	2 unid
5	Interruptor De Corriente Radiodetection Serie 10/Sn3247-100-G-Gb-503 Incluye Antena, Cable Color Verde Con Cocodrilo Y Cable Negro Del Equipo	1 unid
6	Interruptor De Corriente Radiodetection Serie 10/Sn3247-100-G-Gb-432 Incluye Antena, Cable Color Verde Con Cocodrilo Y Cable Negro Del Equipo	1 unid
7	Interruptor De Corriente Radiodetection Serie 10/Sn3247-100-G-Gb-501 Incluye Antena, Cable Color Verde Con Cocodrilo Y Cable Negro Del Equipo	1 unid
8	Interruptor De Corriente Radiodetection Serie 10/Sn3247-100-G-Gb-607 Incluye Antena, Cable Color Verde Con Cocodrilo Y Cable Negro Del Equipo	1 unid
9	Pinza Amperimétrica Amprobe Modelo Acdc-400 Serie 80300337	1 unid
10	Radiofrecuencia Tinker & Razor Modelo Rf-It Serie Ele-024 Incluye Puntas De Medición	1 unid
11	Multímetro Fluke 1587 Serie 98560048 Incluye 02 Puntas De Medición Y Cable Rojo Para Megar	1 unid
12	Multímetro Fluke 115 Serie 97070401 Incluye 02 Puntas De Medición	1 unid
13	Monitor Multigas Por Difusión Ventis Mx4 Serie 19121gl-001 Incluye Accesorio Del Equipo Como Cargador Y Adaptador De Enchufes	1 unid
14	Radio Portátil Dos Vías Motorola Modelo Dgp-8550e Incluye Antena Portátil, Batería Y Clip De Sujeción.	2 unid
15	GPS Garmin Montana 700 Serie 6hs000068 Incluye Accesorio Como Cargador Del Equipo	1 unid
16	Celular Intrinsic Marca I Safe Mobile Sn Ip68 V Is520.1 Ce2004 Incluye Chip Y Accesorios Como Cargador, Cables Con puerto USB Y Memoria Sd.	1 unid
17	Odómetro De Rueda Marca Stanley	1 unid
18	Rectificador Portátil 30a- 60v	1 unid

4.2 DATOS OBTENIDOS

Medición de parámetros de operación inicial en T/R Medición de potencial inicial en PTP

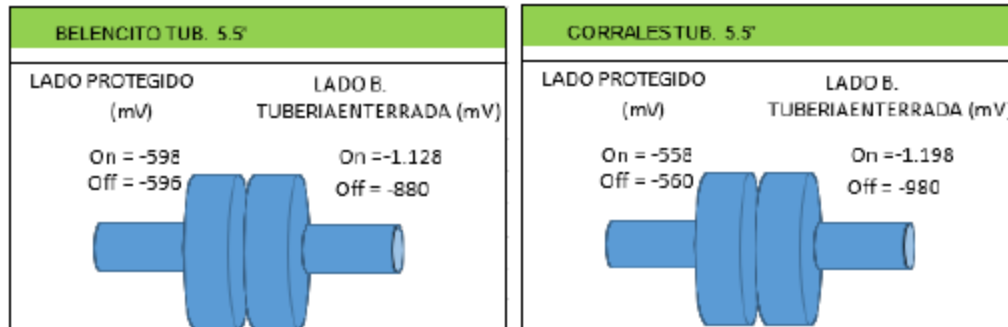
(puntos toma de potencial)

RECTIFICADOR	Voltaje DC	Corriente DC		Ajuste		Potencial	
	[V]	Shunt [mV]	[A]	Grueso	Fino	On	Off
	URPC Belencito - Corrales	4,5	2,2		B	2	-1,309

Potenciales	
PTP 1 (TUB. 5.5" Ø)	On = -1320mV Off = -1150mV

Figura 26.

Juntas monolíticas y bridas aislantes



4.3 RESULTADOS DCVG

La inspección se realizó en los 9.379 metros del gasoducto 5.6''Φ en sentido contraflujo, es decir, iniciando en el PK 9+379 de la estación Corrales hasta el PK 0+000 en la estación de entrega de Belencito. Se realizó la inspección de la zona de influencia evaluándose el alcance y se aplicaron los ajustes necesarios para garantizar el pulso mínimo requerido de los (100 mV).

Una vez realizada la instalación del interruptor se configuró el pulso de DCVG inicial acorde a lo establecido en la Tabla 7, la cual describe los pulsos requeridos para realizar de manera correcta la inspección.

Tabla 4.

Señales de pulso (inspección DCVG)

AMPLITUD	PULSO
Optima*	350 mV
Mínima	100 mV
Máxima	1500 mV

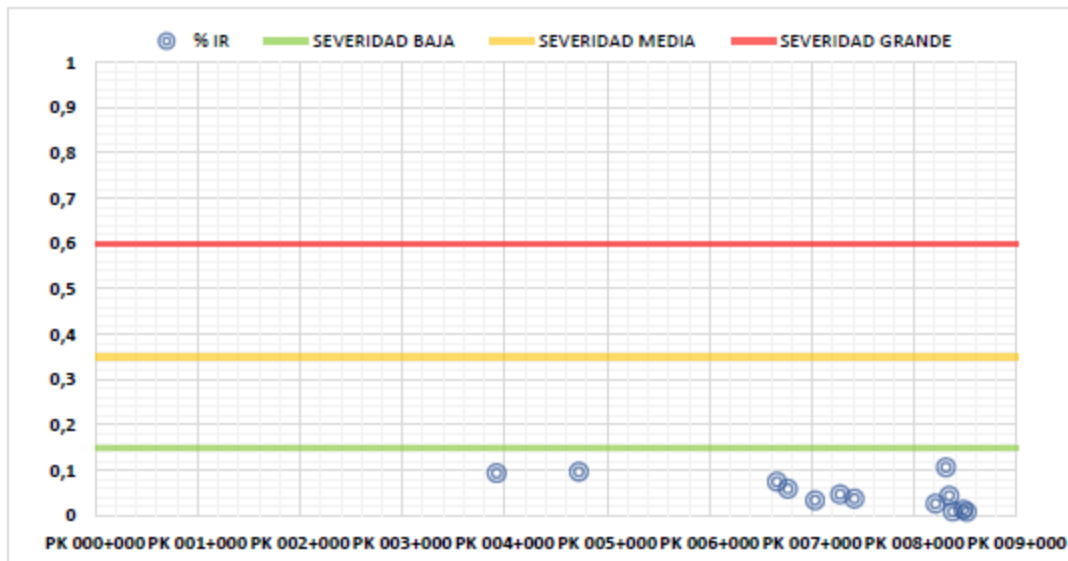
Una vez definido el pulso DCVG, se procede a realizar la inspección a intervalos de 1.5 m a 2 m paralelo a la tubería, tomando e identificando las diferentes anomalías del gradiente de voltaje a lo largo de la línea.

Cada una de las anomalías identificadas, se encuentra identificada con una coordenada GPS submétrica para garantizar el punto exacto, así como la instalación de una estaca en el recorrido que logre facilitar la ubicación.

En la inspección, se encontraron trece (13) anomalías a lo largo del gasoducto. Así mismo, en los tramos PK0+000 – PK3+000 y PK5+000 – PK6+000 no se encontraron anomalías como se muestra en la Gráfica 1.

Grafica 1.

Indicaciones DCVG gasoducto 5.6''Φ



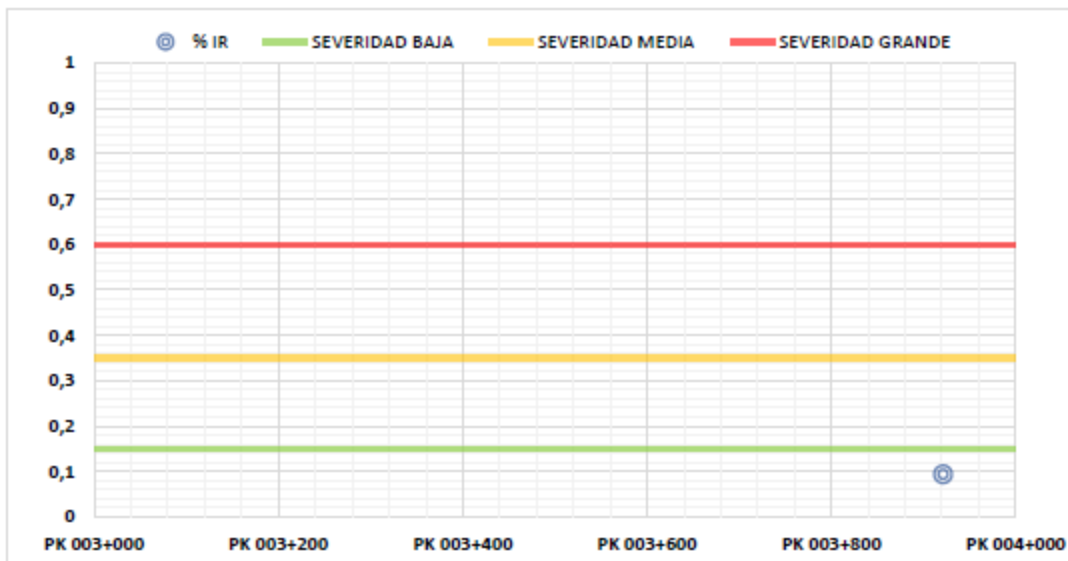
Se identificaron todas las indicaciones como Catódico/Catódico (C/C), Esta categoría denota discontinuidades que son catódicas (protegidas) mientras que el SPC está activo (ON) y permanece polarizado cuando el SPC es interrumpido o apagado (OFF). Hay consumo de corriente de PC, pero no hay corrosión activa.

4.3.1 ANOMALÍAS PK3+000 – PK4+000

Existen una (1) indicación a lo largo del gasoducto 5.6''Φ en el tramo de los 3000m a los 4000m la cual corresponde al 7.69% de las anomalías encontradas en la inspección, como se muestra en la gráfica 2.

Grafica 2.

Indicaciones DCVG PK 3+000 – PK 4+000.



Esta indicación está categorizada en hacer seguimiento y su reparación no es requerida, ya que el índice de severidad es menor al 15%, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 5.

Anomalías encontradas PK 3+000 – PK 4+000

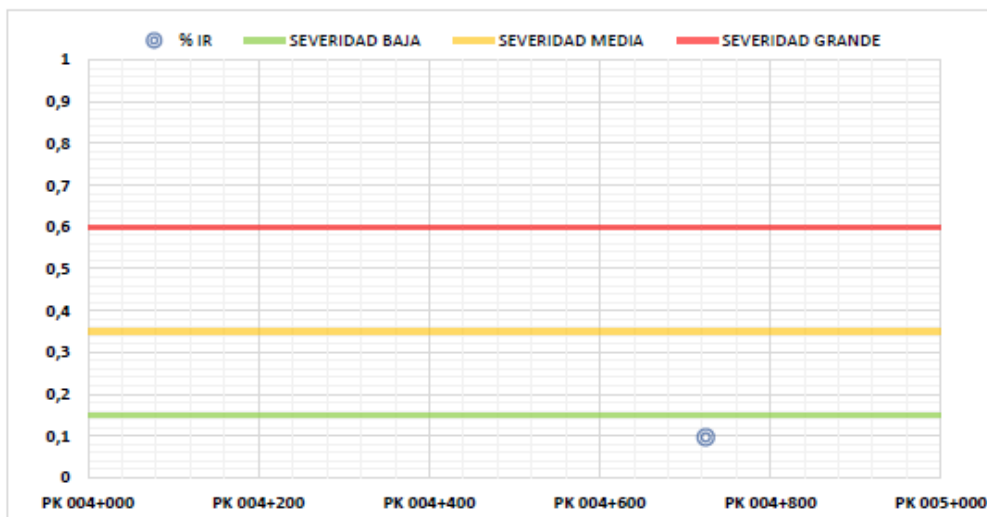
PK	LATITUD	LONGITUD	TIPO	%IR	Tipo de severidad	Acción Requerida
PK 003+921	005.465161826N	072.523897332W	C/C	9,39%	Severidad baja	No reparar

4.3.2 ANOMALÍAS PK4+000 – PK5+000

Existen una (1) indicación a lo largo del gasoducto 5.6’’Φ en el tramo de los 4000m a los 5000m la cual corresponde al 7.69% de las anomalías encontradas en la inspección, como se muestra en la Gráfica 3.

Grafica 3.

Indicaciones DCVG PK4+000 - PK5+000



Esta indicación está categorizada en hacer seguimiento y su reparación no es requerida, ya que el índice de severidad es menor al 15%, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 6.

Anomalías encontradas PK4+000 – PK5+000

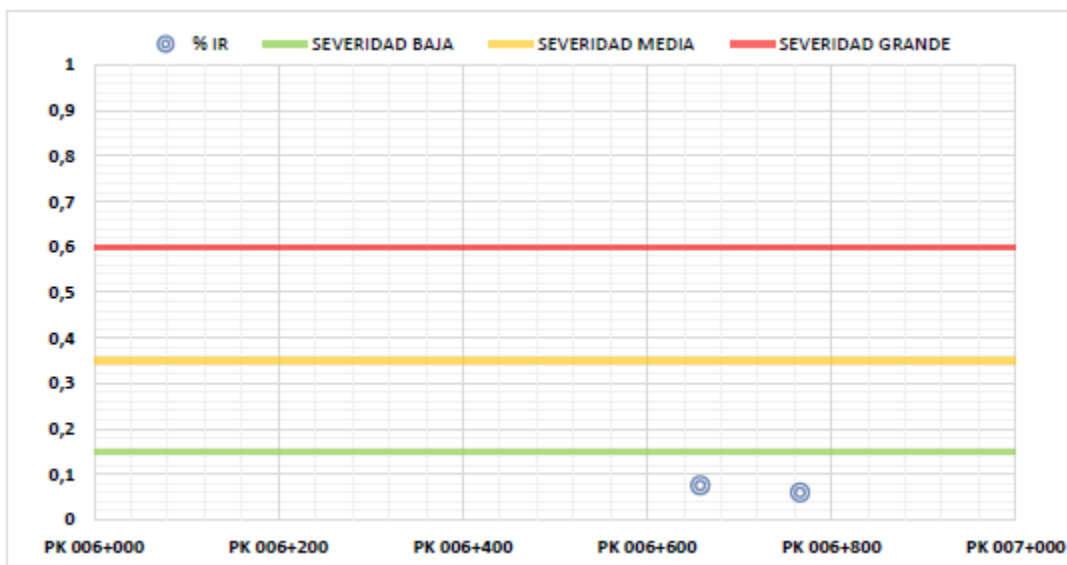
PK	LATITUD	LONGITUD	TIPO	%IR	Tipo de severidad	Acción Requerida
PK 004+724	005.470584902N	072.522148264W	C/C	9,69%	Severidad baja	No reparar

4.3.3 ANOMALÍAS PK6+000 – PK7+000

Existe dos (2) indicaciones a lo largo del gasoducto 5.6''Φ en el tramo de los 6000m a los 7000m la cual corresponde al 15.38% de las anomalías encontradas en la inspección, como se muestra en la Gráfica 4.

Grafica 4.

Indicaciones DCVG PK6+000 - PK7+000



Estas indicaciones están categorizadas en hacer seguimiento y sus reparaciones no son requeridas, ya que el índice de severidad es menor al 15%, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 7.

Anomalías encontradas PK6+000 - PK7+000

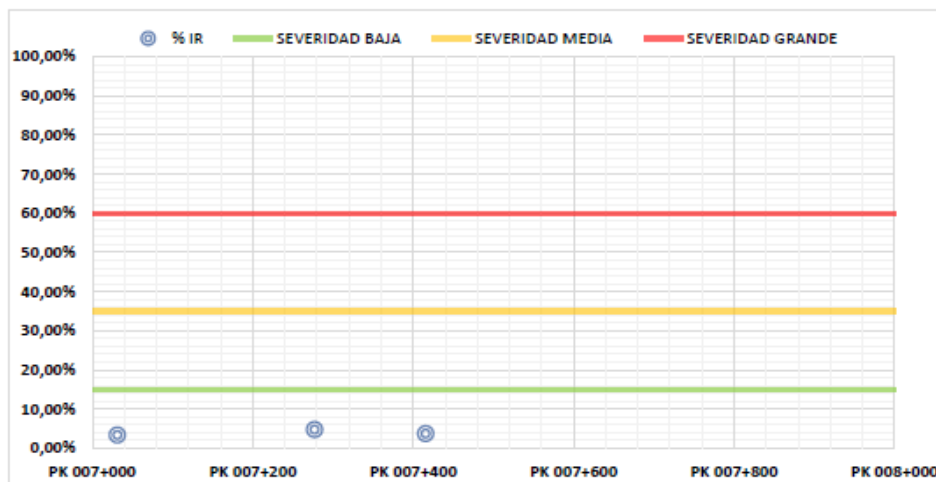
PK	LATITUD	LONGITUD	TIPO	%IR	Tipo de severidad	Acción Requerida
PK 006+658	005.474505769N	072.522399545W	C/C	7,52%	Severidad baja	No reparar
PK 006+766	005.474742909N	072.522391602W	C/C	5,96%	Severidad baja	No reparar

4.3.4 ANOMALÍAS PK7+000 – PK8+000

Existen tres (3) indicaciones a lo largo del gasoducto 5.6’’Φ en el tramo de los 7000m a los 8000m la cual corresponde al 23.08% de las anomalías encontradas en la inspección, como se muestra en la Gráfica 5.

Grafica 5.

Indicaciones DCVG PK7+000 - PK8+000



Estas indicaciones están categorizadas en hacer seguimiento y sus reparaciones no son requeridas, ya que el índice de severidad es menor al 15%, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 8.

Anomalías encontradas PK7+000 - PK8+000

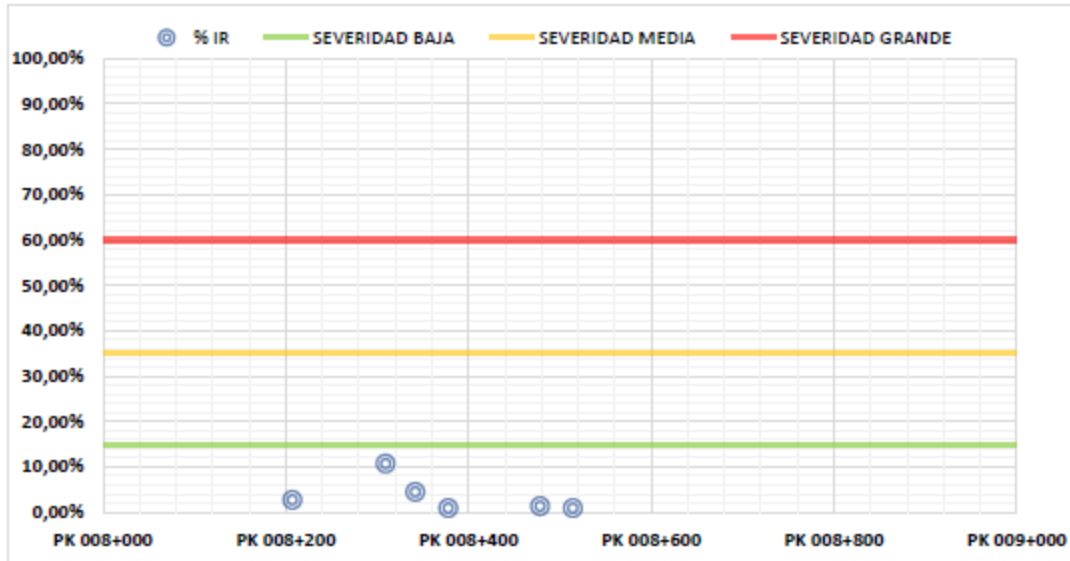
PK	LATITUD	LONGITUD	TIPO	%IR	Tipo de severidad	Acción Requerida
PK 007+031	005.475505564N	072.522535699W	C/C	3,39%	Severidad baja	No reparar
PK 007+277	005.480084429N	072.522059139W	C/C	4,74%	Severidad baja	No reparar
PK 007+416	005.480466141N	072.522032548W	C/C	3,74%	Severidad baja	No reparar

4.3.5 ANOMALÍAS PK8+000 - PK9+000

Existen seis (6) indicaciones a lo largo del gasoducto 5.6’’Φ en el tramo de los 8000m a los 9000m la cual corresponde al 46.15% de las anomalías encontradas en la inspección, como se muestra en la Gráfica 6.

Grafica 6.

Anomalías pk 8+000 - pk 9+000



Estas indicaciones están categorizadas en hacer seguimiento y sus reparaciones no son requeridas, ya que el índice de severidad es menor al 15%, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 9.

Anomalías encontradas PK8+000 - PK9+000

PK	LATITUD	LONGITUD	TIPO	%IR	Tipo de severidad	Acción Requerida
PK 008+207	005.481949767 N	072.522183042 W	C/C	2,69%	Severidad baja	No reparar
PK 008+309	005.482276490 N	072.522136046 W	C/C	10,70 %	Severidad baja	No reparar
PK 008+342	005.482377454 N	072.522163910 W	C/C	4,45%	Severidad baja	No reparar
PK 008+378	005.482459977 N	072.522248141 W	C/C	0,89%	Severidad baja	No reparar
PK 008+479	005.482632817 N	072.522523652 W	C/C	1,32%	Severidad baja	No reparar
PK 008+514	005.482686069 N	072.522626389 W	C/C	0,88%	Severidad baja	No reparar

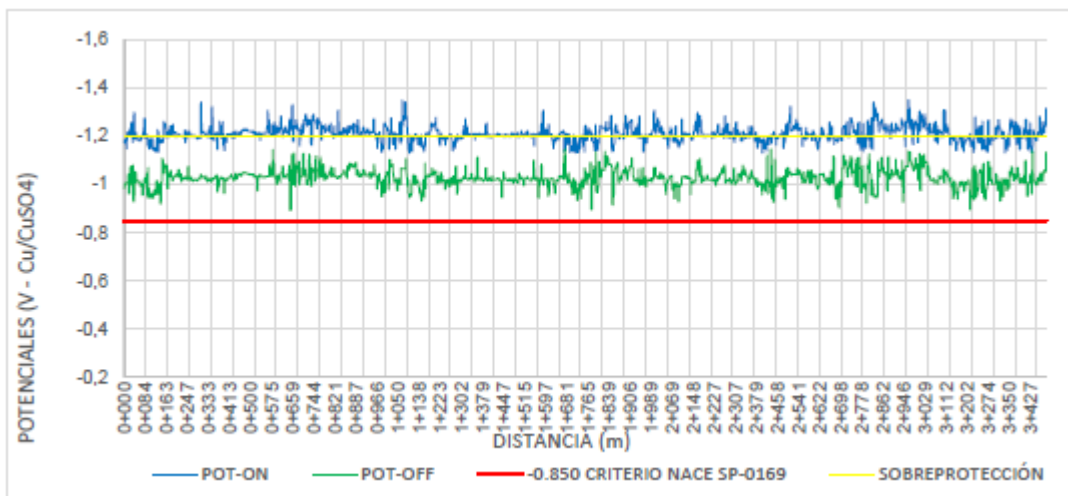
5 RESULTADO CIPS

5.1 K 0+000 al PK 3+000

Se tiene el perfil de potenciales del PK 0+000 al PK 3+000. De acuerdo con los resultados que se obtienen a lo largo de la línea, se evidencia que cumple con el 100% de protección acorde al criterio de un potencial estructura – electrolito de -850 mV/CSE o más negativo establecido en la norma NACE SP0169. Esto indicaría que la tubería se encuentra protegida contra la corrosión como se muestra en la Gráfica 7.

Grafica 7.

Perfil de potenciales ON/OFF PK 0+000 al PK 3+000



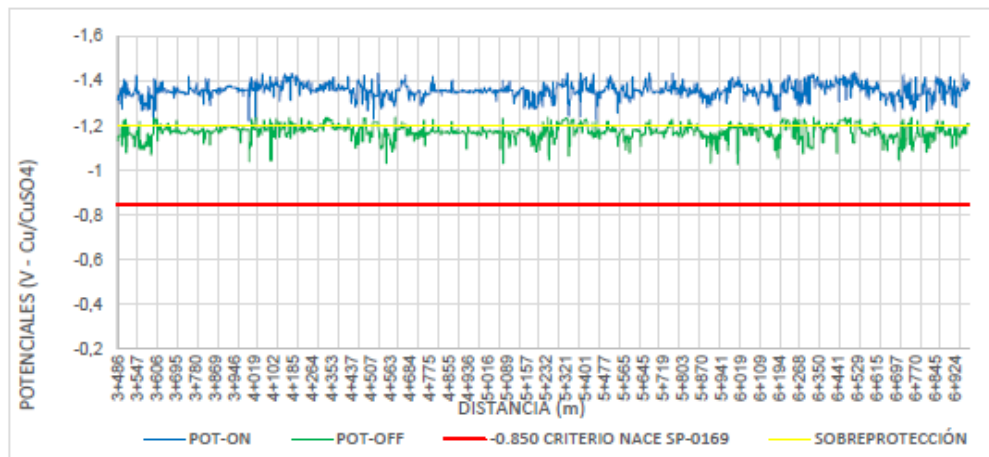
5.2 PK 3+000 al PK 6+000

Se tiene el perfil de potenciales del PK 3+000 al PK 6+000. De acuerdo con los resultados que se obtienen a lo largo de la línea, se evidencia que cumple con el 100% de protección acorde al criterio de un potencial estructura – electrolito de -850 mV/CSE o más negativo establecido en la norma NACE SP0169.

Esto indicaría que la tubería se encuentra protegida contra la corrosión como se muestra en la Gráfica 8.

Gráfica 8.

Potenciales ON/OFF PK 3+000 al PK 6+000

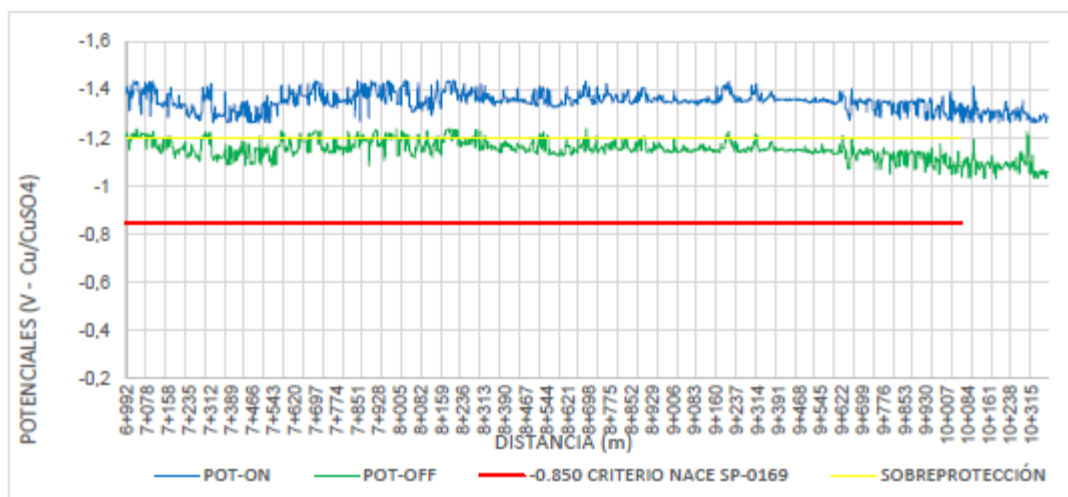


5.3 PK 6+000 al PK 9+379

Se tiene el perfil de potenciales del PK 6+000 al PK 9+379. De acuerdo con los resultados que se obtienen a lo largo de la línea, se evidencia que cumple con el 100% de protección acorde al criterio de un potencial estructura – electrolito de -850 mV/CSE o más negativo establecido en la norma NACE SP0169. Esto indicaría que la tubería se encuentra protegida contra la corrosión como se muestra en la Gráfica 9.

Grafica 9.

Perfil de potenciales ON/OFF PK 6+000 al PK 9+379



Al final del tramo, se evidencia una caída de tensión debido a que la tubería se encuentra próxima a la estructura de la de la estación Belencito.

6 CARACTERÍSTICAS DEL GAS TRANSPORTADO

6.1 ANÁLISIS QUÍMICO

6.1.2 INFORMACIÓN DE ENTRADA AÑO 2016

SIMULADOR

Las simulaciones en estado estable se realizan en el software Stoner Pipeline Simulator (SPS) de GL Noble Denton RELEASE 9.9

CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA LÍNEA

En la Tabla 1 se presentan los productos y respectivos flujos que se transportan en el Gasoducto.

Tabla 10.

Productos y Flujos transportados en el Gasoducto

Sistema	Flujo Operación
Gasoducto	3 MMSCFD
Corrales	10 MMSCFD
	20 MMSCFD

Las condiciones de presión y temperatura con que opera la línea son las siguientes:

Mínima Presión de recibo en TGI 1200 psig

Temperatura de salida del Gasoducto 140 oF

6.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS

FLUJO EN EL 2016

En la tabla se presentan las principales propiedades.

Figura 27.

Tabla. Productos y Flujos transportados en el Gasoducto

726003 stream 1 on 08/31/2016 03:33:22 AM		Componentes	Cil. 4887
Component Name	Mole Percent	N2	0.0066
C6+ 47/35/17	0.1896%	CO2	0.0039
Propane	0.5470%	C1	0.9741
i-Butane	0.6039%	C2	0.0069
n-Butane	0.0492%	C3	0.0014
i-Pentane	0.0288%	i-C4	0.0008
n-Pentane	0.0051%	n-C4	0.0003
Nitrogen	0.7043%	i-C5	0.0007
Methane	95.7626%	n-C5	0.0001
Carbon Dioxide	1.8575%	C6	0.0001
Ethane	0.2521%	C7	0.0001
TOTAL	100.0000%	C8	0.0000
Compressibility Factor (Z)	0.99784	C9	0.0000
@ 14.65 PSIA, 60.0 Deg.F		C10	0.0000
Base Pressure (PSIA)	14.6500	C11	0.0000
Gross Dry BTU	1017.04	C12	0.0000
		Benceno	0.0025
		Tolueno	0.0025

CONDICIONES DE FRONTERA Y RESTRICCIONES DE LA SIMULACIÓN

Velocidad del fluido: la velocidad del fluido no debe exceder valores que generen ruido y problemas de erosión. Para cada fluido se calcula la velocidad erosiva acorde a la norma API RP14E.

$$V_e = \frac{C}{\sqrt{\rho}}$$

Dónde:

Vc: Velocidad erosional, ft/s.

ρ: Densidad del fluido, lb/ft³.

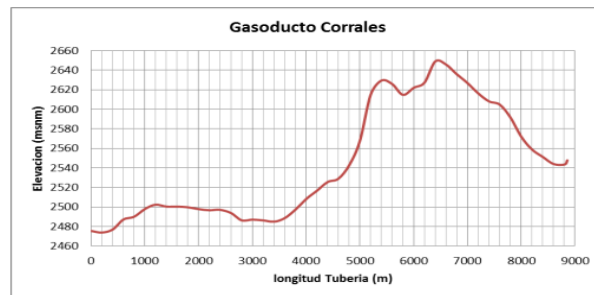
Se tomará un valor de C igual a 100, debido a que el flujo por la tubería en los estudios será constante.

TRAZADO GASODUCTO

En la Figura 1 se puede observar el Gasoducto Corrales.

Figura 1.

Perfil topográfico del gasoducto Corrales



RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO

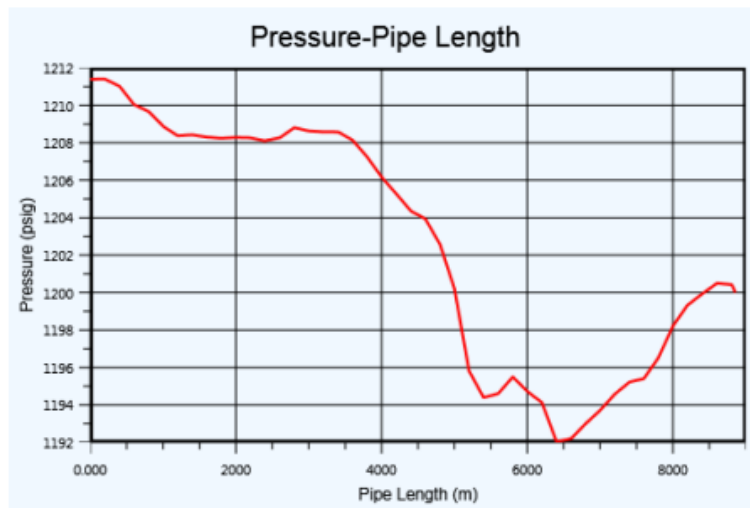
MÍNIMO

A continuación se presenta el comportamiento del gasoducto Corrales para un caudal de 3 MMSCFD.

Presión de salida 1211 psig

Figura 2.

Perfil de presión Estado mínimo gasoducto Corrales.



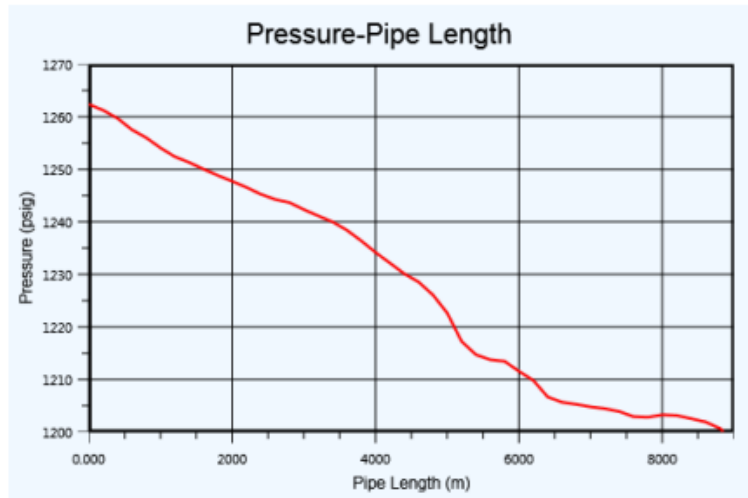
NORMAL

A continuación se presenta el comportamiento del gasoducto Corrales para un caudal de 10 MMSCFD.

Presión de salida 1262 psig

Figura 3.

Perfil de presión Estado normal gasoducto Corrales.



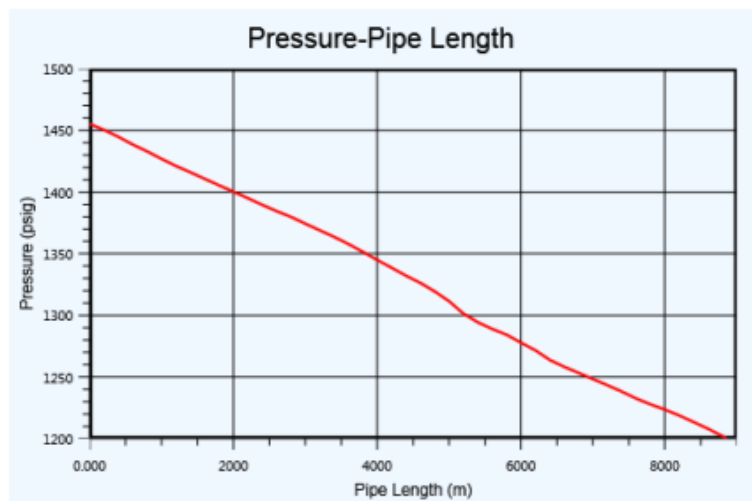
MAXIMO

A continuación se presenta el comportamiento del gasoducto Corrales para un caudal de 20 MMSCFD.

Presión de salida 1455 psig

Figura 4.

Perfil de presión Estado mínimo gasoducto Corrales.

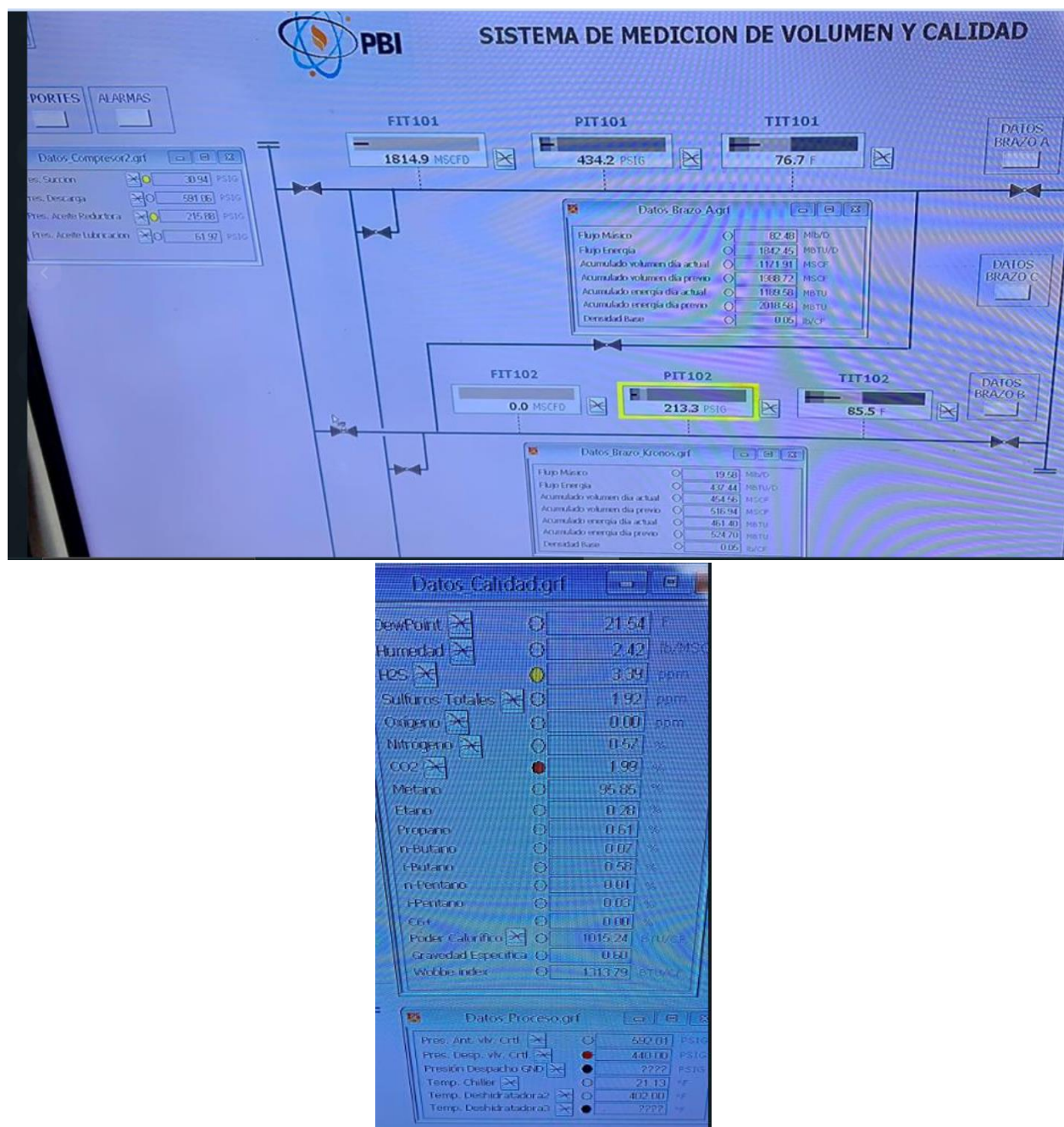


6.2 ACTUALIDAD DEL FLUJO

CARACTERISTICAS

Figura 28.

scada de city gate y medicion de calidad del gasoducto.



CONCLUSIONES

Los potenciales cumplen con los criterios que sugiere NACE, es decir, se encuentran dentro del intervalo de -850mV a -1150mV . Cabe recordar que se debe hacer un plan de mantenimiento donde se desarrolle una toma de datos en los puntos de inspección; esto determinara la confiabilidad de cada uno de los activos intervenidos.

Se encontraron en la inspección trece (13) anomalías a lo largo del gasoducto corresponden a los defectos que hay sobre el recubrimiento, con esto se determinó que el estado de corrosión no es crítico, puesto que los defectos encontrados no requieren reparación inmediata.

Al final del tramo, se evidencia una caída de tensión debido a que la tubería se encuentra próxima a la estructura de la de la estación de entrega city gate Belencito.

El análisis interno arroja tránsito de flujo en condiciones normales, donde se puede evidenciar pequeños rastros de virusas, oxido y líquidos recogidos por los raspadores.

Calcular el porcentaje de gravedad permitió evaluar completamente las condición de la tubería; Por lo tanto, se puede decir que el gasoducto, considerando sus características, es ligeramente corrosivo, por lo que es necesario mantener el sistema de protección catódica en sus mejores condiciones y realizar pruebas de control periódicas.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo con el comportamiento de las anomalías con el sistema de protección catódica encendido y apagado, se determina que el 100% (13) de las indicaciones encontradas presentan un comportamiento Catódico – Catódico.
- En cuanto a la distribución por severidad, se observa que de las 13 (100%) indicaciones encontradas a lo largo de la tubería Belencito-Corrales, fueron identificadas y clasificadas entre el 0% y 15% (severidad Baja).
- Durante la inspección CIPS se encontró que el 100% de la estructura de 5,5” cumple con el criterio de un potencial estructura-electrolito entre los -1200 mV y -850 mV en Instant Off, según la norma NACE SP0169, el 100% de la estructura cumple con el criterio de los -850 mV en Instant Off
- Realizar inspecciones periódicas de la URPC (unidad rectificadora de protección catódica) para mantener control del sistema y los parámetros de funcionamiento de la unidad.

BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute (API). (2011). Damage Mechanisms Affecting fixed Equipment in the Refining Industry RP 571. American Petroleum Institute.
- ASME. Managing System Integrity of Gas Pipeline. New York USA: ASME, 2014.
- International, A. N., & Code, P. (2016). Sistemas de tuberías de distribución y transporte de gas. 2016.
- ANSI/ASME B31.8-1992 Gas transmission and distribution piping systems.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación: citas. Bogotá: ICONTEC, 2008. 7 h : il. (NTC 1486).
- NACE, International. Protección catódica nivel I manual básico. Estados Unidos, 2002. (3/01). 2:5-2:7p.

ANEXOS

ANEXO A. Normas de documentación

- Metodología NACE 502 a sistemas de tubería de transporte de gas,
- normas ASME 31.8S
- API 1160
- NTC 2505

ANEXO B

Raspadores blandos



Raspador grueso



Trampa de envío campo corrales



Trampa de centro de entrega city gate



Pertigas



Verificación, conexionado de fuente rectificadora



Instalación de interruptor, ON-OFF



Verificación de funcionamiento correcto de interruptor instant ON-OFF



Toma de datos del funcionamiento correcto del interruptor al inicio de la línea del gasoducto enterrada



Potenciales ON-OFF directamente en la tubería



Verificación conexonado de cama anódica



Toma de potenciales ON-OFF en puntos de inspección de protección catódica



Inicio de actividades, análisis de fuente rectificadora.



Prueba de kits de aislamiento a la salida de gas proceso a gasoducto, válvula km 6 y city gate



Se encuentran en mal estado los puntos de inspección #1,#5,#7



Toma de potenciales en puntos de inspección



Calibración de fuente rectificadora



Calibración de equipos y puesta en marcha inspección DCVG



Mantenimiento externo de puntos de inspección de la protección catódica



Verificación de funcionamiento correcto de la protección catódica en el último tramo del gasoducto.



Datos Extremos permisibles del dew point

DEWPOINT

DewPoint

21.54 F

Límites

HH Lim		43.00
Hi Lim		35.00
Lo Lim		-40.00
Lolo Lim		-40.00

Datos permisibles de la humedad

HUMEDAD

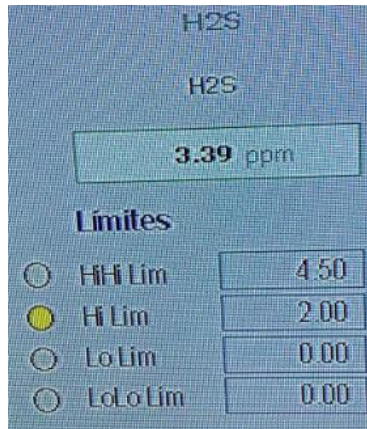
Humedad

2.42 lb/MSCF

Límites

HH Lim		5.50
Hi Lim		3.00
Lo Lim		0.00
Lolo Lim		0.00

Datos permisibles de la H2O



Datos permisibles del CO2



Datos permisibles del poder calorífico





NIT 900319306-4

**EL AREA DE COORDINACION DE PROYECTOS DE LA EMPRESA PETROLIUM
BLENDING INTERNATIONAL SAS.**

CERTIFICA:

Que el estudiante **HERNANDO ANTONIO NEGRETE MEJIA**, identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.065.837.010, finalizo su proyecto titulado **ANÁLISIS DE INTEGRIDAD Y REVISIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA MEDIANTE CORRIENTE IMPRESA DEL GASODUCTO CAMPO CORRALES-CITY GATE BELENCITO** desarrollando así el 100% de los objetivos de dicho proyecto, resultado del proceso de prácticas en modalidad de proyecto de grado entre la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS)** y nuestra empresa **PBI SAS** donde se resalta su desempeño y compromiso con el mismo.

En constancia se firma en Bogotá, a los veintiocho (28) días del mes de febrero del año 2024 a solicitud del interesado.

Atentamente.

Gustavo Emilio Henríquez Vélez

Coordinador de proyectos