



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**ANÁLISIS EN LA DISMINUCIÓN DE ESPEORES EN
LÍNEAS CRÍTICAS DE UNA PLANTA PREPARADORA
DE CARGA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA

FRANCISCO XAVIER CRUZ ANDRADE

DIRECTOR DE TESIS

Dr. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ



MÉXICO, D.F.

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que al alumno(a) Cruz Andrade Francisco Xavier con número de cuenta 303110929 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 24 del mes de octubre de 2014 a las 14:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
VOCAL	DR. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ*
SECRETARIO	DR. NÉSTOR NOÉ LÓPEZ CASTILLO
SUPLENTE	M. en C. ANA LILIA MALDONADO ARELLANO
SUPLENTE	DR. FAUSTO CALDERAS GARCÍA

Dominga Ortiz Bautista

Javier Cruz Gómez

Néstor Noé López Castillo

Ana Lilia Maldonado Arellano

Fausto Calderas García

El título de la tesis que se presenta es: **Análisis en la disminución de espesores en líneas críticas de una planta preparadora de carga.**

Opción de Titulación: Tesis profesional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 1 de octubre de 2014.

[Signature]
DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR
ZARAGOZA
DIRECCIÓN

RECIBÍ:
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo.Bo.
[Signature]
DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.

DEDICADO:

A mis padres y hermanos.

Por estar siempre a mi lado a lo largo de este camino y
que con su cariño y apoyo pude lograr este sueño.

Los amo.

¡GRACIAS POR TODO!

“Por mi raza hablará el espíritu”

José Vasconcelos

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todas las bendiciones, alegrías y por iluminar mi camino a lo largo de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México mi Alma Máter. A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por darme una formación y desarrollo académico.

A mis profesores que por sus lecciones me ha formado como profesionista para enfrentarme a los retos constantes de la vida.

Al Dr. M. Javier Cruz Gómez asesor de mi trabajo y al grupo CEASP⁴A de la Facultad de Química, UNAM, por darme la oportunidad de participar en sus proyectos.

A mi supervisor técnico Dr. Néstor Noé López Castillo por los buenos consejos en el desarrollo de esta tesis.

A la M. I. Nohemí Juárez por todo el apoyo aportado en la desarrollo de este trabajo.

Al honorable jurado por aportar sus observaciones y recomendaciones para mejorar esta tesis.

Al I.Q. Erick León por todas las enseñanzas, lecciones de vida y por ser un buen jefe, pero sobre todo un buen líder y por enseñarme la frase “lo que no se mide no se controla”.

A mis padres Rogelio Cruz Castillo y María Andrade Benítez por ser el ejemplo de padres y por todo el apoyo que siempre me han dado. El logro no solo es mío, también es de ustedes. Son mi ejemplo a seguir y mi más grande motivación de superación.

A mis hermanos Liza Angie, Mireille y Rogelio por estar siempre conmigo, son los mejores hermanos.

A mis sobrinos Jeanny, Gabriela, Irma, Ma. José, Daniela, Leonardo y Naelyan, por darme alegrías y sonrisas, son el mejor regalo que un hermano(a) puede dar, los quiero.

A José Olvera y Saúl García por todo el apoyo y consejos brindados durante mis estudios y por enseñarme el valor del trabajo.

A Marcela Andrade y Abel Rivera por ser mis segundos padres y por todo el apoyo recibido a lo largo de mi camino.

A mis amigos Tania, Roberto, Diego, Ivan e Isaac por compartir tantos momentos de alegrías, sufrimientos. Es para mí un honor tenerlos como amigos a lo largo de esta carrera. ¡Juntos logramos el éxito!

A mis compañeros del grupo CEASP⁴A por enseñarme el valor del trabajo en equipo y por todas las experiencias que hemos tenido en campo.

A mi amiga e Ingeniera Liz Gris por ser motivo de superación, por apoyarme tanto y sobre todo, por estar siempre conmigo.

ÍNDICE GENERAL

Página

ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Objetivos	15
1.2. Hipótesis	16
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Seguridad industrial	18
2.2. Integridad mecánica.....	19
2.3. Clasificación de tuberías	20
2.3.1. Tuberías clase 1	20
2.3.2. Tuberías clase 2.....	21
2.3.3. Tuberías clase 3.....	21
2.4. Desgaste en tuberías.....	21
2.4.1. Corrosión general o uniforme	22
2.4.2. Corrosión localizada.....	22
2.4.3. Erosión	22
2.5. Técnicas de inspección.....	22
2.5.1. Técnicas de inspección superficial	23
2.5.2. Técnicas de inspección volumétrica	25
2.6. Medición preventiva de espesores.....	26
2.6.1. Sistema Integral de MEDición y Control de Espesores en Líneas y Equipos “SIMECELE”	27
2.6.2. Diagramas para la inspección técnica.....	28
2.6.3. Definición de circuito	30

2.6.4. Definición de unidad de control	30
2.6.5. Niveles de medición	30
3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
3.1. Descripción del proceso.....	38
3.1.1. Identificación de circuitos de líneas	40
3.1.2. Identificación de unidades de control de líneas.....	42
3.2. Captura de las unidades de control en SIMECELE	44
3.3. Cálculo de la velocidad de desgaste puntual.....	52
3.4. Cálculo de la velocidad de desgaste promedio.....	69
3.5. Cálculo de la velocidad de desgaste ajustada estadísticamente	70
3.6. Determinación de la vida útil de las unidades de control	75
3.7. Determinación de la fecha de próxima medición de espesores	77
3.8. Determinación de la fecha de retiro probable	78
3.9. Análisis comparativo del desgaste entre las unidades de control	80
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS	90
ANEXOS.....	93
Anexo A. Diagrama de identificación de circuitos de líneas	94
Anexo B. Diagramas de identificación de unidades de control.....	95
Anexo C. Cálculo del límite de retiro para las unidades de control.....	97
Anexo D. Censo de unidades de control de líneas.....	101
Anexo E. Inspección visual de las unidades de control	108

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Doce mejores prácticas internacionales del SSPA.....	18
Figura 2. Sistema de administración SSPA.....	19
Figura 3. Pantalla principal del SIMECELE.	28
Figura 4. Localización de puntos de medición en los arreglos de niplería.....	35
Figura 5. Unidades de control críticas.	43
Figura 6. Diagrama para la inspección técnica de la UC-PPC-014.	45
Figura 7. Diagrama para la inspección técnica de la UC-PPC-032.	46
Figura 8. Diagrama para la inspección técnica de la UC-PPC-044.	47
Figura 9. Captura de la especificación de materiales.	48
Figura 10. Captura de la información de la Planta Preparadora de Carga (PPC) en SIMECELE.	49
Figura 11. Captura de un circuito en SIMECELE.	50
Figura 12. Captura de la UC-PPC-014.	50
Figura 13. Captura de las inspecciones de la UC-PPC-014.....	51
Figura 14. Velocidad de desgaste puntual de la UC-PPC-014.....	57
Figura 15. Velocidad de desgaste puntual de la UC-PPC-032.....	66
Figura 16. Velocidad de desgaste puntual de la UC-PPC-044.....	68
Figura 17. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-014. ...	72
Figura 18. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-032 en el primer análisis.	73
Figura 19. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-032 en el segundo análisis.....	74
Figura 20. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-044. ...	75
Figura 21. Comparación entre la velocidad de desgaste promedio en la inspección de 2013.	80
Figura 22. Comparación entre la velocidad de desgaste ajustada estadísticamente en la inspección de 2013.....	81

Figura 23. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 1 al 7).....	82
Figura 24. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 8 al 14).....	82
Figura 25. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 15 al 21).....	83
Figura 26. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 22 al 28).....	83
Figura 27. Desgaste de la niplería 1 de la UC-PPC-014.	84
Figura 28. Desgaste de la UC-PPC-032 (Niveles 1 al 8).....	85
Figura 29. Desgaste de la UC-PPC-032 (Niveles 8 al 16).....	85
Figura 30. Desgaste de la UC-PPC-044.....	86
Figura 31. Espesores en tuberías (NRF-227-PEMEX-2009 ^[20] , Pág. 12).....	97

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Ejemplo de posiciones de medición para los diferentes accesorios dependiendo de su orientación.	31
Tabla 2. Periodo de inspección recomendados para las diferentes categorías de tubería.	33
Tabla 3. Periodo de revisión de tornillería.	36
Tabla 4. Equipos del proceso.	40
Tabla 5. Censo de circuitos.	41
Tabla 6. Unidades de control críticas.	43
Tabla 7. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-014.	53
Tabla 8. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niplería de la UC-PPC-014.	58
Tabla 9. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Enero 2001 a Julio 2009.	60
Tabla 10. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Agosto de 2009 a Noviembre 2013.	63
Tabla 11. Resultados de la velocidad de desgaste de niveles de tubería de la UC-PPC-044.	67
Tabla 12. Velocidad de desgaste promedio de la UC-PPC-014.	69
Tabla 13. Velocidad de desgaste promedio de la UC-PPC-032.	70
Tabla 14. Velocidad de desgaste promedio de la UC-PPC-044.	70
Tabla 15. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-014.	71
Tabla 16. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-032.	72
Tabla 17. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-044.	74
Tabla 18. Vida útil estimada de la UC-PPC-014.	76
Tabla 19. Vida útil estimada de la UC-PPC-032.	76
Tabla 20. Vida útil estimada de la UC-PPC-044.	77

Tabla 21. Fecha de próxima medición de espesores de la UC-PPC-014.	77
Tabla 22. Fecha de próxima medición de espesores de la UC-PPC-032.	78
Tabla 23. Fecha de próxima medición de la UC-PPC-044.	78
Tabla 24. Fecha de retiro probable de la UC-PPC-014.	79
Tabla 25. Fecha de retiro probable de la UC-PPC-032.	79
Tabla 26. Fecha de retiro probable de la UC-PPC-044.	79
Tabla 27. Norma DG-ASIPA-IT-00008 “Valores de referencia para los cálculos de espesores en tuberías de proceso” (Tabla 5.1).	98
Tabla 28. Norma API-570 “Mínimo espesor estructural sugerido” (Tabla E-1.).	99
Tabla 29. Comparación entre los límites de retiro de las unidades de control. ...	100
Tabla 30. Censo de unidades de control de líneas.	101
Tabla 31. Inspección visual de tubería de la UC-PPC-014.	108
Tabla 32. Inspección visual de tornillería de la UC-PPC-014 (Nov-2013).	109
Tabla 33. Inspección visual de niplería de la UC-PPC-014 (Nov-2013).	109
Tabla 34. Inspección visual de la UC-PPC-032.	110
Tabla 35. Inspección visual de tornillería de la UC-PPC-032 (Nov-2013).	111
Tabla 36. Inspección visual de tubería de la UC-PPC-044.	111
Tabla 37. Inspección visual de tornillería de la UC-PPC-044 (Oct-2013).	112

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute)
API	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute)
ASP	Administración de la Seguridad en los Procesos
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers)
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials)
AutoCAD	Programa de diseño asistido por computadora
CEASP⁴A	Centro de Estudios para la Administración de la Seguridad de los Procesos Petroquímicos, Poliméricos y la Protección Ambiental
CNV	Cople-Niple-Válvula
DFP	Diagrama de Flujo de Proceso
DTI	Diagrama de Tubería e Instrumentación
Dprom	Velocidad de desgaste promedio
Dmáx	Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente
ESEC	Entrada Segura a Espacios Confinados
FPME	Fecha de Próxima Medición de Espesores
FRP	Fecha de Retiro Probable
GOP	Gasóleo pesado
GOL	Gasóleo ligero
GPASI	Gerencia de Protección Ambiental y Seguridad Industrial
GPEI	Gerencia de Protección Ecológica e Industrial
IMAC	Integridad Mecánica y Aseguramiento de la Calidad
MHz	Megahertz
mpa	Milésimas de pulgada por año
mil	Milésimas de pulgada
NRF	Normas de Referencia
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration)
PPC	Planta Preparadora de Carga
QITDraw	Paleta de herramientas elaborada por el grupo CEASP ⁴ A para la elaboración de diagramas para inspección técnica
SASIPA	Subdirección de Auditoría en Seguridad Industrial y Protección Ambiental
SIMECELE	Sistema Integral de MEDición y Control de Espesores en Líneas y Equipos
SSPA	Seguridad Salud en el trabajo y Protección Ambiental
UC	Unidad de Control
VUE	Vida Útil Estimada

RESUMEN

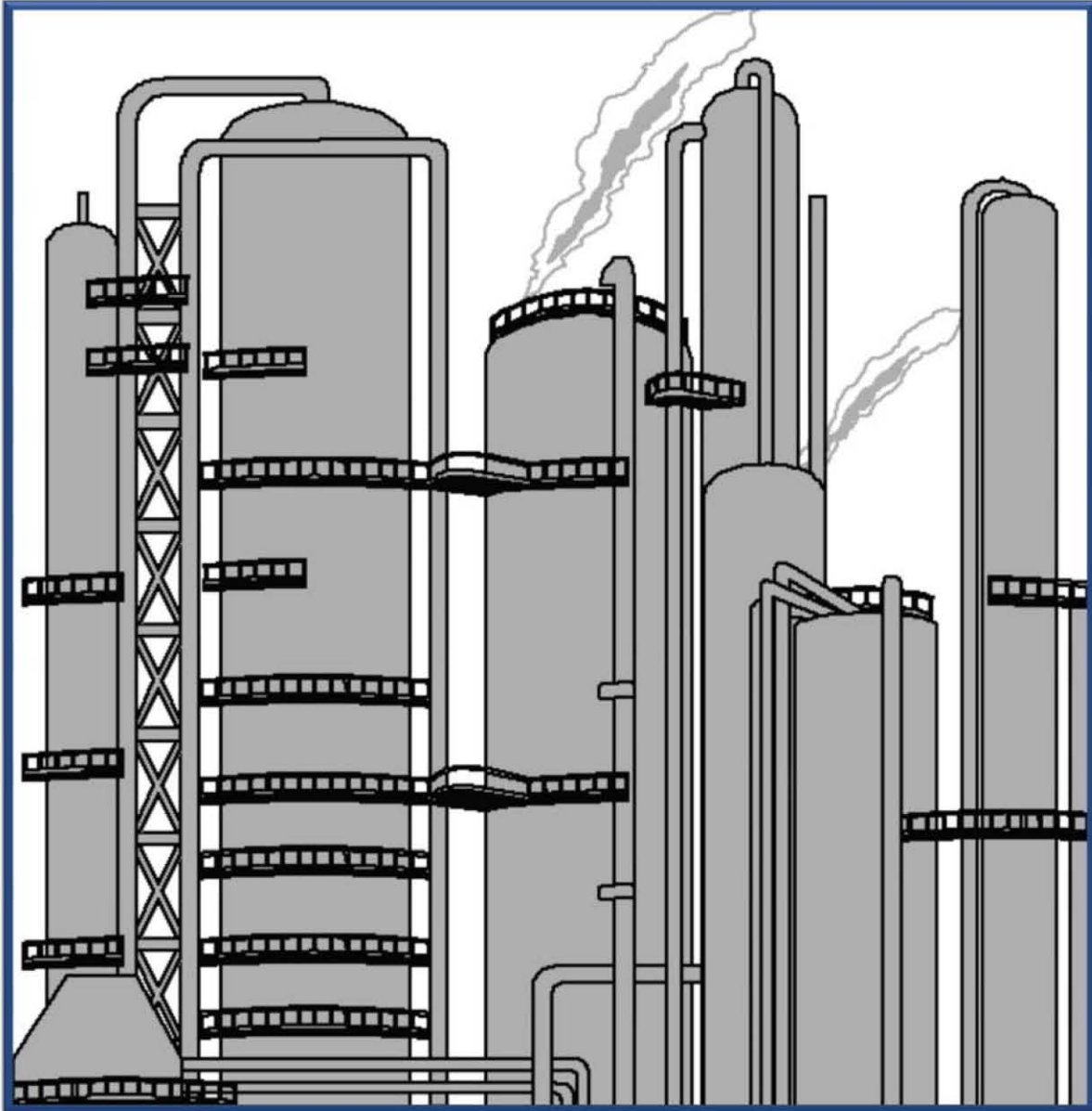
En el presente trabajo se realizó un análisis comparativo del desgaste en unidades de control críticas de una planta preparadora de carga de la industria de refinación del petróleo, la cual recibe como alimentación crudo reducido procedente de plantas de destilación primaria. Las unidades de control están construidas del mismo material A2A (ASTM A53 Gr. B) pero manejan diferentes servicios (gasóleo ligero, gasóleo pesado y gases incondensables). El análisis se realizó empleando el Sistema Integral de MEdición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE) donde se determinaron parámetros tales como: velocidad de desgaste puntual, velocidad de desgaste promedio, velocidad de desgaste ajustada estadísticamente, vida útil estimada, fecha de próxima medición de espesores y fecha de retiro probable.

Se realizó un análisis comparativo de la velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de las unidades de control, observando mayor desgaste en la línea del domo de la torre de vacío, debido a la presencia de compuestos de azufre.

Con el análisis de resultados se determinaron puntos críticos y lugares con posible corrosión localizada, puntos que deben ser considerados para tomar acciones preventivas y correctivas. Algunos de estos puntos se presentaron en accesorios tales como: codos, reducciones, injertos, puntos de inyección, etc.

Mediante los resultados obtenidos se puede hacer un plan de inspección técnica para la medición de espesores y mantener la integridad mecánica de las líneas de la planta.

1. INTRODUCCIÓN



En plantas de la industria química, se presentan ciertos deterioros en tuberías y equipos de forma normal debido a la operación cotidiana, al contacto con el producto transportado, las condiciones ambientales, la eficiencia de su protección o por algún tipo de corrosión en la superficie de los materiales.

La integridad mecánica es un conjunto de actividades interrelacionadas, enfocadas para asegurar la confiabilidad en la operación de equipos y tuberías, que cubre desde la fase de diseño, fabricación, instalación, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento. Para garantizar que cumplan con las condiciones de funcionamiento requeridas, con el propósito de proteger a los trabajadores, las instalaciones de los centros de trabajo y el medio ambiente ^[1].

Para garantizar la integridad mecánica de las líneas y equipos de una planta, es necesario tener un programa de administración para mantener la operación y la productividad de la planta, conservando siempre el más alto nivel de seguridad basados en la administración de riesgos.

Es importante la medición preventiva de espesores en líneas y equipos de una planta ya que se manejan hidrocarburos que pueden ser riesgosos para la instalación.

El documento normativo DG-SASIPA-IT-0204 Rev. 7, menciona que las tuberías y equipos en los cuales se debe aplicar en forma obligatoria este procedimiento son:

- Líneas y equipos que manejan o transportan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas y agresivas.
- Tanques y recipientes que almacenan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas y agresivas ^[2].

En el presente trabajo se realizó un análisis de las líneas críticas de una planta preparadora de carga de la industria de la refinación del petróleo.

Es importante hacer un análisis de estas líneas para conocer su desgaste y para garantizar la seguridad en el proceso y en los trabajadores, proteger el ambiente, debido a que se manejan hidrocarburos a altas condiciones de operación y a que las mezclas se encuentran químicamente reaccionando. Estos hidrocarburos son muy corrosivos para los materiales de los equipos y tuberías.

Mediante el uso de un programa de administración de la integridad mecánica se garantizará la integridad de las líneas críticas de la planta, determinando

velocidades de desgaste, vida útil estimada, fecha de retiro probable y fecha de próxima medición, también se prevé con suficiente anticipación emplazamientos de las distintas secciones de líneas afectadas.

Las líneas de la planta preparadora de carga sobre las cuales se realiza el análisis son:

- Gasóleo ligero producto.
- Gasóleo pesado producto.
- Domo de la torre de vacío.

1.1. Objetivos

General:

- Analizar el desgaste de espesores en las líneas críticas de una planta preparadora de carga, mediante el uso del software Sistema Integral de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos, SIMECELE, que toma como base la velocidad de desgaste puntual, promedio, y ajustada estadísticamente, para determinar la vida útil de la unidad de control, y la fecha de próxima medición. Con la vida útil estimada se determina la fecha de retiro probable de las unidades de control de tuberías analizadas.

Particular:

- Recopilar y analizar la información referente a la descripción del proceso, DFP, DTI'S de una planta preparadora de carga.
- Recopilar y analizar la información de los expedientes de medición de espesores de las líneas críticas de la planta preparadora de carga para conocer el desgaste que existe.
- Calcular, analizar y evaluar unidades de control críticas construidas con el mismo material A2A (ASTM A53 Gr. B) y con diferentes servicios, los parámetros:
 1. Velocidad de desgaste.
 2. Vida útil.
 3. Fecha de retiro probable.
 4. Fecha de próxima medición.
- Analizar para cada una de las unidades de control qué parámetros influyen en el desgaste con respecto al material y fluido transportado.
- Determinar el tiempo en que deben reemplazarse las tuberías de proceso con desgaste considerable, para mantener la seguridad en la planta.

1.2. Hipótesis

La disminución de espesores en líneas críticas de una planta preparadora de carga, es provocada por corrosión y erosión. La influencia de sustancias como el ácido sulfhídrico es la causa de un mayor desgaste en esas tuberías. Esta sustancia está contenida en mayor concentración en los gases incondensables, provenientes de la torre de vacío. La velocidad de desgaste es mayor en esa parte del domo de la torre de vacío debido a una mayor concentración de ácido sulfhídrico, por lo que la vida útil de esa línea resulta menor.

2. MARCO TEÓRICO



2.1. Seguridad industrial

La rápida evolución que la tecnología ha experimentado en la industria química y energética, en particular, su crecimiento y consecuentemente el incremento de inventarios de productos químicos en las instalaciones y en diversos medios de transporte, han provocado un aumento en la probabilidad de que ocurran accidentes con un notable impacto sobre las personas, el medio ambiente y en las instalaciones ^[3].

La mayoría de accidentes en refinerías son resultado de derrames de materiales tóxicos, inflamables y explosivos. Por ejemplo, un material es descargado por orificios originados por daños del material en equipos y tuberías causado por algún tipo de corrosión y también por accidentes ocasionados por fugas en bridas, bombas, válvulas, etc.

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), da protección a la seguridad y salud de los trabajadores. Su misión es desarrollar normas de seguridad y salud para las áreas de trabajo y hacerlas cumplir a través de inspecciones, manteniendo un sistema de registro e informe para darle seguimiento a las lesiones y enfermedades en el centro de trabajo y proveer programas de adiestramiento para incrementar el conocimiento sobre la seguridad y salud ocupacional ^[4].

Sistema de administración Pemex-SSPA

En el año 2007, el sistema Pemex-SSPA (Seguridad, Salud en el trabajo y Protección Ambiental) entra en la etapa donde las mejores prácticas de seguridad son incorporadas en las operaciones de los centros de trabajo de Pemex, Éstas incluyen las doce mejores prácticas internacionales, así como la administración de la seguridad en los procesos (ASP) e integridad mecánica y aseguramiento de la calidad (IMAC).

En la figura 1 se muestran las doce mejores prácticas internacionales, que se agrupan en tres categorías, y la forma de distribución de sus elementos.

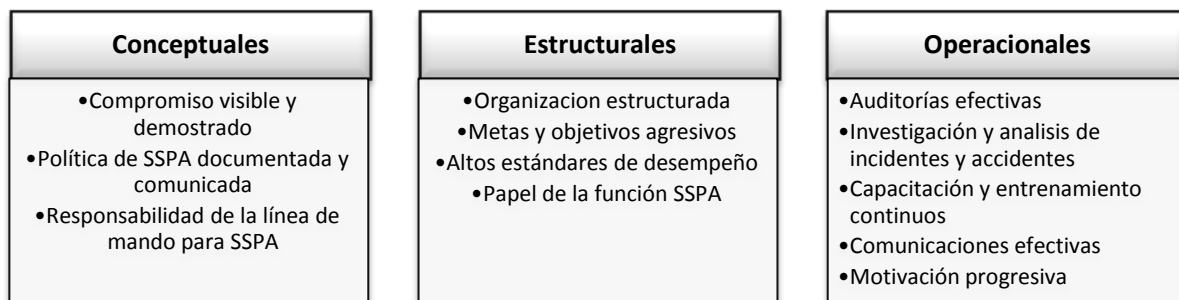


Figura 1. Doce mejores prácticas internacionales del SSPA.

Se inició la implantación de los ocho procedimientos críticos en SSPA:

1. Entrada segura a espacios confinados (ESEC).
2. Protección contra incendio.
3. Equipo de protección personal.
4. Prevención de caídas.
5. Seguridad eléctrica.
6. Bloqueo de energía y materiales peligrosos.
7. Delimitación de áreas de riesgos (barricadas).
8. Apertura de líneas y equipos de proceso.

En 2008 se implementaron los Subsistemas evolucionados de Administración Ambiental (SAA) y Administración de la Salud en el Trabajo, teniendo como eje central la aplicación del proceso de disciplina operativa en todos los niveles de la organización ^[5].

En la figura 2 se muestra el sistema de administración SSPA dividido en tres subsistemas.

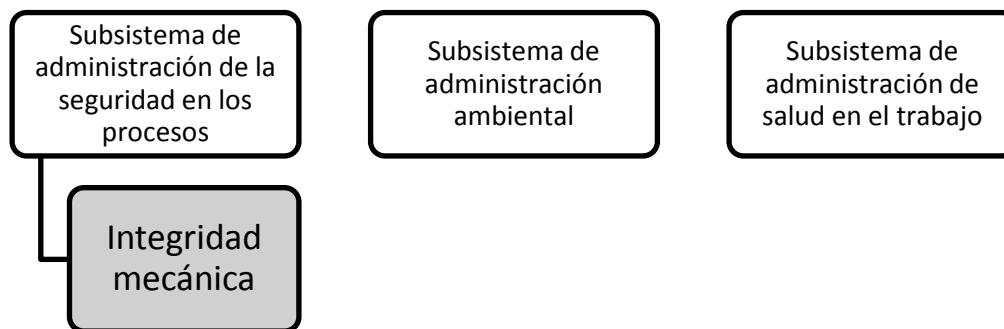


Figura 2. Sistema de administración SSPA.

2.2. Integridad mecánica

La seguridad en los procesos es primordial para la buena operación de la planta, por lo que es necesario un programa de administración de la integridad mecánica en las líneas y equipos de la planta.

La integridad mecánica consiste en la evaluación del estado estructural de un elemento, basándose en la identificación del tipo y grado de severidad de los defectos presentes en él, a partir de los reportes de inspección no destructiva y la información técnica del elemento. Con esta información, se define un plan de inspección específico y práctico para cada equipo con la finalidad de inspeccionar las zonas críticas y viables de desarrollar algún mecanismo de falla.

2.3. Clasificación de tuberías

El método más común para transportar fluidos de un punto a otro es impulsarlo a través de un sistema de tuberías. Las tuberías de sección circular son las más comunes, ya que esta forma ofrece no solo mayor resistencia estructural, sino también mayor sección transversal para el mismo perímetro exterior de otra forma ^[6].

El procedimiento para efectuar la inspección de tuberías de proceso y servicios auxiliares en operación, establece los criterios para efectuar la inspección, con el objeto de conocer su estado físico y programar su cambio en caso de deterioro, a fin de mantenerlas en buen estado, seguras y confiables ^[7].

Las tuberías se clasifican de acuerdo a su clase.

2.3.1. Tuberías clase 1

Son aquellas tuberías que por su servicio presentan el potencial más alto de riesgo y que puede afectar la seguridad del proceso, de los trabajadores y el medio ambiente en caso de presentarse una fuga. Incluyen los siguientes servicios:

- a) Sistemas presurizados que vaporizan rápidamente durante su liberación, creando vapores que se puedan congregarse y formar una mezcla explosiva. Por ejemplo, derrames de etano, propano y butano.
- b) Sistemas inflamables autorefrigerados y que pueden inducir fracturas.
- c) Ácido sulfhídrico (concentraciones superiores a 3% en peso) en una corriente gaseosa.
- d) Ácido clorhídrico anhidro.
- e) Ácido fluorhídrico.
- f) Tuberías que estén sobre o cercanas a caminos públicos o mantos acuíferos ^[7].

2.3.2. Tuberías clase 2

Se clasifican así a la mayoría de las tuberías de proceso y servicios auxiliares, que manejen los siguientes productos:

- a) Hidrocarburos que vaporizan lentamente en el mismo lugar durante su liberación.
- b) Hidrógeno, gas combustible y gas natural.
- c) Ácidos y cáusticos fuertes ^[7].

2.3.3. Tuberías clase 3

Se clasifican así a todos aquellos servicios que son inflamables, pero que no vaporizan significativamente cuando se derraman y no están localizados en áreas de alta selectividad, se consideran los siguientes:

- a) Hidrocarburos que no vaporizan significativamente durante su liberación.
- b) Destilados y productos hacia y desde áreas de almacenamiento y carga.
- c) Ácidos y cáusticos fuera de límite de batería ^[7].

2.4. Desgaste en tuberías

La corrosión es la causa principal de la destrucción de los equipos de la industria química. La mayoría de las destrucciones pueden prevenirse escogiendo adecuadamente los materiales.

Las pérdidas de producción debidas a deterioro por corrosión son tan costosas que justifican el uso de los materiales más caros, por ejemplo el tántalo, en intercambiadores de calor de unidades de recuperación de ácido. En instalaciones más sencillas, puede ser más económico seleccionar materiales de menor costo y programar limpiezas frecuentes en equipos para prevenir la corrosión.

Son esenciales para un buen diseño de las tuberías:

- Tamaño de la planta.
- Condiciones de trabajo.
- La tolerancia a la corrosión.
- Adecuada información de los materiales que se pueden escoger.
- Cuestiones económicas.

Por ejemplo, el ácido sulfúrico concentrado en frío puede transportarse en tuberías de acero al carbono, siempre que la velocidad de circulación sea menor a 1 m/s, debido a ello, en este caso, es mejor utilizar tuberías de acero al carbono

de diámetros grandes que de acero inoxidable de diámetros pequeños. Es común el uso de recubrimiento interno compuesto de una resina fluoropolimérica, en las tuberías que transportan este fluido.

2.4.1. Corrosión general o uniforme

Es aquella que se produce con el adelgazamiento uniforme producto de la pérdida regular del metal superficial. La corrosión uniforme se divide en:

- Corrosión atmosférica.
- Corrosión galvánica.
- Corrosión por metales líquidos.
- Corrosión por altas temperaturas.

2.4.2. Corrosión localizada

Es aquella donde se produce la pérdida del metal en áreas discretas o localizadas. La corrosión localizada se divide en:

- Corrosión por picadura o “pitting”.
- Corrosión por fisuras.
- Corrosión microbológica ^[8].

2.4.3. Erosión

La erosión ocurre en áreas de flujo turbulento, tales como cambios de dirección en sistema de tubería o después de válvulas de control donde puede haber vaporización. El daño por erosión se incrementa en flujos con grandes cantidades de partículas sólidas o líquidas fluyendo a velocidades altas.

2.5. Técnicas de inspección

En la construcción de componentes, equipos e instalaciones, intervienen una serie de actividades, cuya finalidad está bien definida o delimitada; principalmente son: el diseño, la construcción, el montaje o instalación y finalmente la inspección y pruebas.

Estas actividades de inspección técnica siempre se llevan a cabo, se trate de un tornillo, tramo de tubería, un intercambiador de calor, un reactor químico, accesorios, etc.

Las técnicas de inspección se clasifican en:

- Ensayos destructivos.
- Ensayos no destructivos.

El objetivo principal de los ensayos destructivos es determinar cuantitativamente el valor de ciertas propiedades de los materiales, como la resistencia mecánica, la tenacidad o la dureza. La ejecución de los ensayos destructivos involucra daño permanente a las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de la materia, del componente sujeto a la inspección.

Los ensayos no destructivos son la aplicación de métodos físicos indirectos, como la transmisión del sonido, la opacidad al paso de la radiación, etc., y que tienen como finalidad verificar la integridad de la estructura de las piezas examinadas. No obstante, cuando se aplica este tipo de pruebas, no se busca determinar las propiedades físicas inherentes de la pieza, sino verificar su homogeneidad y continuidad. Por lo tanto, estas pruebas no sustituyen a los ensayos destructivos, sino que los complementa.

Los ensayos no destructivos se utilizan para detectar discontinuidades en piezas metálicas y no metálicas. Las discontinuidades son interrupciones en la estructura física y en algunos casos son introducidas intencionalmente.

Algunas veces la discontinuidad constituye un defecto. Los defectos son aquellas discontinuidades que no se ajustan a los criterios de aceptación porque menoscaban la utilidad de la pieza.

Las pruebas también se utilizan para la inspección periódica de los componentes en servicio. La ocurrencia de una falla muchas veces puede ser evitada con el uso de estos ensayos ^[9].

2.5.1. Técnicas de inspección superficial

Mediante éstas técnicas se comprueba la integridad superficial de un material. Por tal razón su aplicación es conveniente cuando es necesario detectar discontinuidades que están en la superficie o a profundidades menores de 3 mm. Este tipo de inspección se realiza por medio de los siguientes ensayos no destructivos:

- Inspección visual.
- Líquidos penetrantes.
- Partículas magnéticas.
- Electromagnetismo.

➤ *Inspección visual*

Es una técnica que requiere de gran cantidad de información acerca de las características de la pieza a ser examinada, para una acertada interpretación de las posibles indicaciones. Por ejemplo, la condición externa de la tubería, del sistema de aislamiento, si es que lo tiene, de la pintura, recubrimiento y accesorios asociados; para detectar cualquier signo de desalineamiento, vibración y fugas.

Cuando se observe la formación de productos de corrosión en la superficie de contacto con el soporte de la tubería, probablemente se requiera remover el soporte para inspección. Cuando se haga esto, debe tenerse cuidado, especialmente si la tubería está en servicio.

Las inspecciones externas de las tuberías se pueden hacer, cuando la tubería esta en servicio. En el Anexo E se muestra una lista de verificación de tuberías “check list”, para darle seguimiento a una inspección.

➤ *Líquidos penetrantes*

Este ensayo se utiliza para detectar discontinuidades abiertas a la superficie, por ejemplo: grietas, juntas, porosidades y traslapes.

La prueba se puede aplicar en materiales metálicos, cerámicos y poliméricos, el ensayo se puede realizar en instalaciones automatizadas de grandes dimensiones o en campo, utilizando equipos portátiles y consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar, el cual penetra en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad ^[9].

➤ *Partículas magnéticas*

El ensayo se utiliza para detectar defectos que se encuentren en la superficie y ligeramente por debajo de ella. Los defectos que pueden detectarse con esta técnica son: porosidades, grietas, inclusiones y defectos de soldaduras.

La prueba se aplica solo a materiales ferromagnéticos como el hierro y el acero, el ensayo se puede realizar en campo ya que el equipo es portátil.

El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético o de los polos cuando se genera o se induce en este un material ferromagnético ^[10].

➤ *Electromagnetismo*

Se emplea para inspeccionar materiales que sean electroconductores siendo especialmente aplicable a aquellos que no son ferromagnéticos y se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética.

2.5.2. Técnicas de inspección volumétrica

Su aplicación permite conocer la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza. Este tipo de inspección se realiza por medio de cualquiera de los siguientes ensayos:

- Ultrasonido industrial.
- Emisión acústica.
- Radiografía industrial.

➤ *Ultrasonido industrial*

Es el procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico que se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material.

Los equipos de ultrasonido que se emplean actualmente, permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0.25 hasta 25 MHz.

Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico dentro del palpador, este elemento se llama transductor, tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente, el transductor vibra a altas frecuencias lo que genera el ultrasonido; dichas vibraciones son transmitidas al material que se desea inspeccionar. Durante el trayecto en el material, la intensidad de la energía sufre una atenuación, que es proporcional a la distancia del recorrido. Cuando el haz sónico alcanza la frontera del material, dicho haz es reflejado. Las señales son enviadas a un osciloscopio de rayos catódicos, para el análisis de la información.

Es necesario emplear un acoplante (aceite, grasa o glicerina) con el objeto de que el sonido pueda transmitirse al transductor, a la pieza de trabajo, sin que existan grandes pérdidas de energía en la interfase acústica conformada por el espacio de aire entre el material a examinar y el palpador.



Es frecuente su empleo para la medición de espesores, detección de zonas de corrosión, detección de defectos en piezas que han sido fundidas y forjadas, laminadas o soldadas ^[9].

➤ *Emisión acústica*

El principio de la emisión acústica es la detección de ondas elásticas que se crean de forma espontánea en aquellos puntos del material que se está deformando de manera elástica o plástica, al ser sometido a un esfuerzo (carga estática o dinámica), o por los esfuerzos residuales que están presentes en el material. El valor de dichas ondas es la representación de la posible discontinuidad que se pretende detectar ^[9].

➤ *Radiografía industrial*

Este método permite asegurar la integridad y confiabilidad de un producto. Además, proporciona información para el desarrollo de mejores técnicas de producción y para el perfeccionamiento de un producto en particular.

Permite detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material. Por lo anterior, esta prueba es utilizada para detectar discontinuidades internas en una amplia variedad de materiales ^[9].

2.6. Medición preventiva de espesores

Permite, predecir, detectar y evaluar oportunamente las disminuciones de espesor debajo de los límites permisibles, que puedan afectar la integridad mecánica de las tuberías y equipos en general, para tomar las medidas necesarias a fin de prevenir la falla de los mismos.

2.6.1. Sistema Integral de MEdición y Control de Espesores en Líneas y Equipos “SIMECELE”

Es un sistema que aprovecha la informática para mejorar la administración de la información y las actividades relacionadas con la integridad mecánica de las líneas y equipos.

Este sistema es para todos aquellos que intervengan en el análisis de medición de espesores en líneas y equipos.

La metodología empleada para llevar a cabo la implementación de este sistema se muestra a continuación:

1. Recopilación de información (Diagrama de Flujo de Proceso “DFP”, Diagrama de Tuberías e Instrumentación “DTI”, expediente de medición de espesores existentes, especificación de materiales de la planta, hoja de datos de equipos, hojas de diseño mecánico, etc.).
2. Identificación y censo de circuitos de acuerdo al DPF.
3. Identificación y censo de unidades de control de acuerdo al DTI.
4. Actualización en campo de los diagramas para la inspección técnica.
5. Digitalización en AutoCAD® de los diagramas para la inspección técnica actualizados en el formato homologado del SIMECELE (Plantilla).
6. Correlación de los niveles de medición en los diagramas para la inspección técnica con los expedientes donde se tienen el historial de mediciones.
7. Captura de la especificación de materiales de la planta (Licenciador/ clases de material).
8. Captura de la estructura de la ubicación de la planta en SIMECELE, con base en los censos de la planta. (Centros de trabajo/Sector-Región/Planta-Terminal/Circuito/Unidad de Control).
9. Captura de inspecciones en la unidad de control (historial de inspección o nueva inspección).
10. Revisión y validación del censo e inspecciones capturadas.

En la figura 3 se muestra la ventana principal del sistema, donde se observan los diferentes módulos, que son:

- Captura o edición de información.
- Consulta de información.
- Ver isométricos en intranet.
- Ver o crear reportes.
- Ver o cargar especificación de materiales.
- Hacer o editar un isométrico (diagramas para la inspección técnica).



Figura 3. Pantalla principal del SIMECELE.

2.6.2. Diagramas para la inspección técnica

Un diagrama para la inspección técnica, es un dibujo que describe gráficamente una unidad de control (UC), tratándose de líneas o equipos.

En esos diagramas, se muestra información del centro de trabajo al que pertenece la unidad de control, sus condiciones de operación, de diseño, el material de las líneas o equipos, cédula, espesor original, límite de retiro, así como, el número de niveles de inspección de tubería, niplería y tornillería que tiene.

Los diagramas para la inspección técnica son auxiliares en el proceso de medición preventiva de espesores, por lo que cada unidad de control debe contar con sus diagramas técnicos. Para facilitar la elaboración de un diagrama se dispone de las siguientes herramientas:

- AutoCAD®.
- Paleta de herramientas QITDraw.
- Plantillas.

➤ *AutoCAD®*

Es un programa de diseño asistido por computadora (CAD “Computer Aided Design” por sus siglas en inglés) para el dibujo en 2D y 3D; el cual gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se opera a través de una pantalla gráfica. La interacción del usuario se realiza a través de comandos de edición o dibujo desde la ventana de comandos, a la que el programa está fundamentalmente orientado.

➤ *Paleta de herramientas QITDraw*

Es una herramienta creada por el grupo CEASP⁴A para satisfacer una necesidad primordial, ahorrar tiempo en la elaboración de los diagramas para inspección técnica.

La paleta de herramientas consta de bloques predeterminados y se divide en las siguientes secciones:

- Tubería. Contiene los bloques para convertir una polilínea en línea de tubería, además de colocar codos, soldaduras y tees.
- Válvulas. En este bloque se ubican los distintos tipos de válvulas que se pueden encontrar en las instalaciones de proceso.
- Niplería/accesorios. Aquí se encuentran los bloques para colocar diversos arreglos de niplería.
- Reducciones/uniones. En esta sección se localizan los bloques de reducciones excéntricas y concéntricas, así como un bloque para bridas y tuercas unión.
- Varios. Contiene los bloques para indicar si la tubería tiene aislamiento, indicar dirección de flujo, soportes, etc.
- Niveles. En esta sección se pueden encontrar los bloques para numerar los niveles de inspección de tubería, tornillería y niplería.
- Funciones isométrico. Contiene herramientas que ayudan a girar y espejear los objetos en ángulos predeterminados.
- Impresión/datos. Los iconos ubicados en esta sección no modifican los atributos de los diagramas realizados, pero ofrecen otras funciones de gran utilidad.
- Paleta de bloques. Incluye funciones como colocar el TAG de especificación de la línea o equipo, así como los accesorios que no se encuentren en la posición isométrica colocar el reloj de posiciones, insertar arreglos de niplería, etc. ^[11].

2.6.3. Definición de circuito

Se considera como circuito, el conjunto de líneas y equipos que manejen un fluido con la misma composición, pudiendo variar en sus diferentes partes las condiciones de operación.

2.6.4. Definición de unidad de control

Se define como secciones de circuito que tienen una velocidad de desgaste más o menos homogénea tal como de 0 a 8 mpa, de 8 a 15 mpa, o 15>mpa.

2.6.5. Niveles de medición

Es el conjunto de posiciones de medición de espesores de pared que se deben de efectuar en un mismo sitio de una tubería o equipo ^[2].

Nivel de inspección de tubería

Los criterios generales para la localización de un nivel de tubería, tomando como referencia la norma DG-SASIPA-IT-0204 Rev. 7 son los siguientes:

- Después de una soldadura.
- En los codos.
- En el cambio de dirección de una tee y después de ésta.
- Después de una brida.
- En el centro de la reducción y después de la reducción.
- Después de una válvula (de retención, de globo, de control, etc.).
- En el centro de los coples y después de estos.
- Después de un filtro.
- Después de un medidor de flujo.
- En un cap y después de este.
- Se coloca un nivel de medición en un injerto de acuerdo a la dirección de flujo, es decir, si el injerto es de entrada se indica nivel, pero si el injerto es de salida no se indica nivel, debido a que la afectación por el choque del fluido solo se da en los injertos de entrada a la línea principal.

Un nivel de tubería está conformado por un conjunto de posiciones, que varía según el accesorio, en la tabla 1 se muestran los ejemplos de posiciones de medición en los diferentes accesorios.

2. MARCO TEÓRICO

Tabla 1. Ejemplo de posiciones de medición para los diferentes accesorios dependiendo de su orientación.

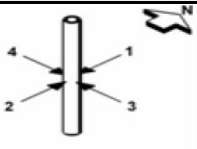
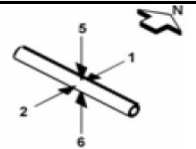
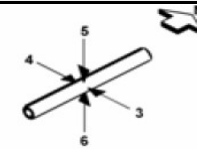
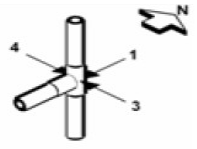

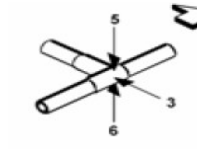
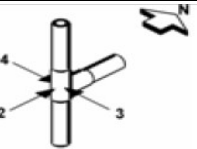
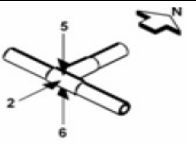
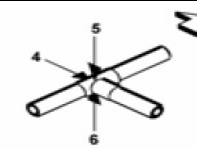
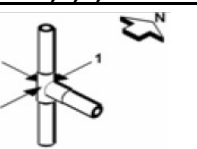
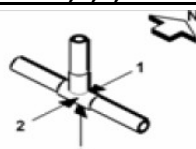
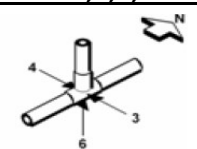
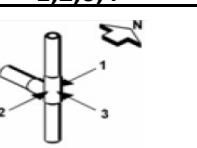
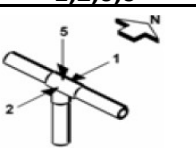
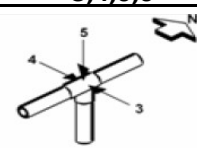
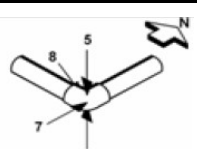
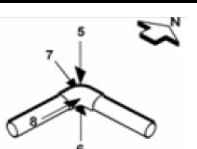
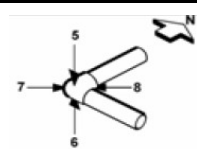
Posiciones en tubería			
Dibujo			
Notación con letras	N,S,O,P	N,S,A,B	O,P,A,B
Notación con números	1,2,3,4	1,2,5,6	3,4,5,6
Posiciones en tees			
Dibujo			
Notación con letras	N,X,O,P	N,X,A,B	O,X,A,B
Notación con números	1,0,3,4	1,0,5,6	3,0,5,6
Dibujo			
Notación con letras	X,S,O,P	X,S,A,B	X,P,A,B
Notación con números	0,2,3,4	0,2,5,6	0,4,5,6
Dibujo			
Notación con letras	N,S,X,P	N,S,X,B	O,P,X,B
Notación con números	1,2,0,4	1,2,0,6	3,4,0,6
Dibujo			
Notación con letras	N,S,O,X	N,S,A,X	O,P,A,X
Notación con números	1,2,3,0	1,2,5,0	3,4,5,0
Posiciones en codos			
Dibujo			
Notación con letras	A,B,C,G	A,B,C,G	A,B,C,G
Notación con números	5,6,7,8	5,6,7,8	5,6,7,8

Tabla 1. Ejemplo de posiciones de medición para los diferentes accesorios dependiendo de su orientación (continuación).

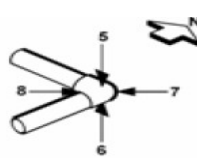
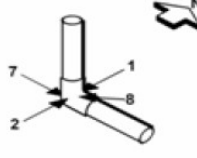
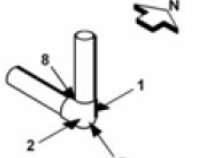
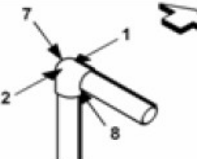
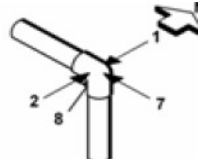
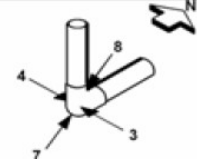
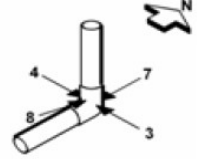
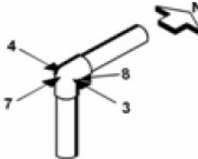
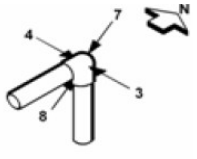
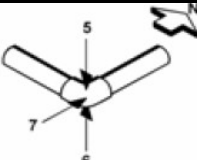
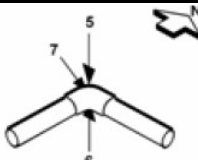
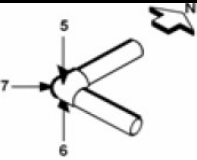
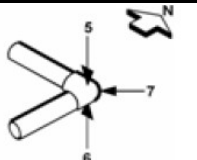
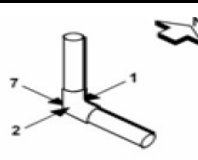
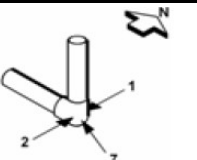
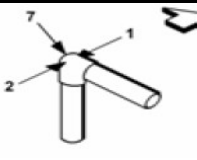
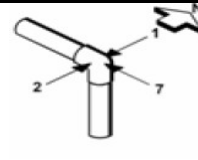
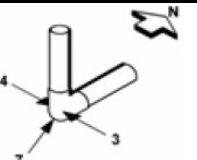
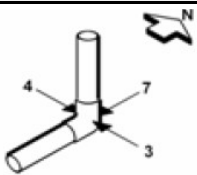
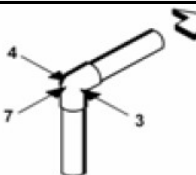
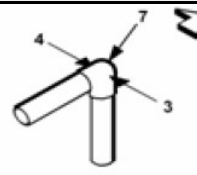
Posiciones en codos			
Dibujo			
Notación con letras	A,B,C,G	N,S,C,G	N,S,C,G
Notación con números	5,6,7,8	1,2,7,8	1,2,7,8
Dibujo			
Notación con letras	N,S,C,G	N,S,C,G	O,P,C,G
Notación con números	1,2,7,8	1,2,7,8	3,4,7,8
Dibujo			
Notación con letras	O,P,C,G	O,P,C,G	O,P,C,G
Notación con números	3,4,7,8	3,4,7,8	3,4,7,8
Posiciones en codos reforzados			
Dibujo			
Notación con letras	A,B,C,X	A,B,C,X	A,B,C,X
Notación con números	5,6,7,0	5,6,7,0	5,6,7,0
Dibujo			
Notación con letras	A,B,C,X	N,S,C,X	N,S,C,X
Notación con números	5,6,7,0	1,2,7,0	1,2,7,0
Dibujo			
Notación con letras	N,S,C,X	N,S,C,X	O,P,C,X
Notación con números	1,2,7,0	1,2,7,0	3,4,7,0

Tabla 1. Ejemplo de posiciones de medición para los diferentes accesorios dependiendo de su orientación (continuación).

Posiciones en codos reforzados			
Dibujo			
Notación con letras	O,P,C,X	O,P,C,X	O,P,C,X
Notación con números	3,4,7,0	3,4,7,0	3,4,7,0
Nomenclatura de posiciones			
Nombre de la posición	Nombre alternativo	Notación con letras	Notación con números
Norte	--	N	1
Sur	--	S	2
Oriente	Este	O	3
Poniente	Oeste	P	4
Arriba	--	A	5
Abajo	--	B	6
Codo	Fuera	C	7
Garganta	Dentro	G	8
Obstrucción	--	X	0

El periodo de inspección en tuberías según su clase se debe de establecer usando los siguientes criterios:

- La velocidad de desgaste y cálculos de vida útil estimada.
- La clasificación de tuberías de acuerdo al servicio.
- Los requerimientos jurisdiccionales aplicables.
- El juicio del inspector o especialista, basado en las condiciones de operación, historia de las inspecciones, resultados de la inspección actual, etc.

La tabla 2 contiene los intervalos de inspección máximos recomendados para las tres categorías de tuberías, para los puntos de inyección y para las tuberías con interfase suelo-aire [7].

Tabla 2. Periodo de inspección recomendados para las diferentes categorías de tubería.

Tipo de circuito	Medición de espesores	Inspección visual externa
Clase 1	5 años	5 años
Clase 2	10 años	5 años
Clase 3	10 años	10 años
Puntos de inyección	3 años	Según clase
Interfase suelo-aire	--	Según clase

Nivel de inspección de niplería

El procedimiento de revisión de niplería de plantas en operación GPEI-IT-0201 cubre las actividades necesarias para llevar a efecto la revisión de los arreglos básicos de niplería en líneas y equipos de proceso estáticos y dinámicos, así como el control posterior de cambios o modificaciones, incluyendo su registro ^[12].

Los criterios generales para determinar un punto de medición de los arreglos de niplería son los siguientes:

- En una purga.
- En un termopozo.
- En las niplerías de un medidor de flujo.
- En un arreglo típico cople-niple-válvula (CNV).
- En un dren, un venteo y en una toma de muestra de instrumento (PI, TI, etc).
- En un arreglo típico cople tapón.
- En un arreglo típico cople-termopozo.
- En un arreglo típico orificio tapón.
- En un arreglo típico orificio-niple-válvula.
- En un arreglo termopar-termopozo (cople-niple-bridaniple-termopar o cople-niple-bridaniple-termopar).
- En el caso de líneas de desfogue en la descarga de bombas, indicadores de nivel, alarmas por bajo y alto nivel, etc, se considera como niplería hasta la primera válvula del arreglo, después de dicha válvula los niveles de medición posteriores se considerarán como niveles de tubería del cabezal de desfogue.

Los periodos de calibración de la niplería deben ser los mismos que los de la unidad de control donde van armados, de tal manera que al calibrar la tubería de una unidad de control, al mismo tiempo se debe calibrar su niplería ^[12].

En la figura 4 se muestra la localización en los puntos de calibración en los diferentes arreglos de niplería ^[13].

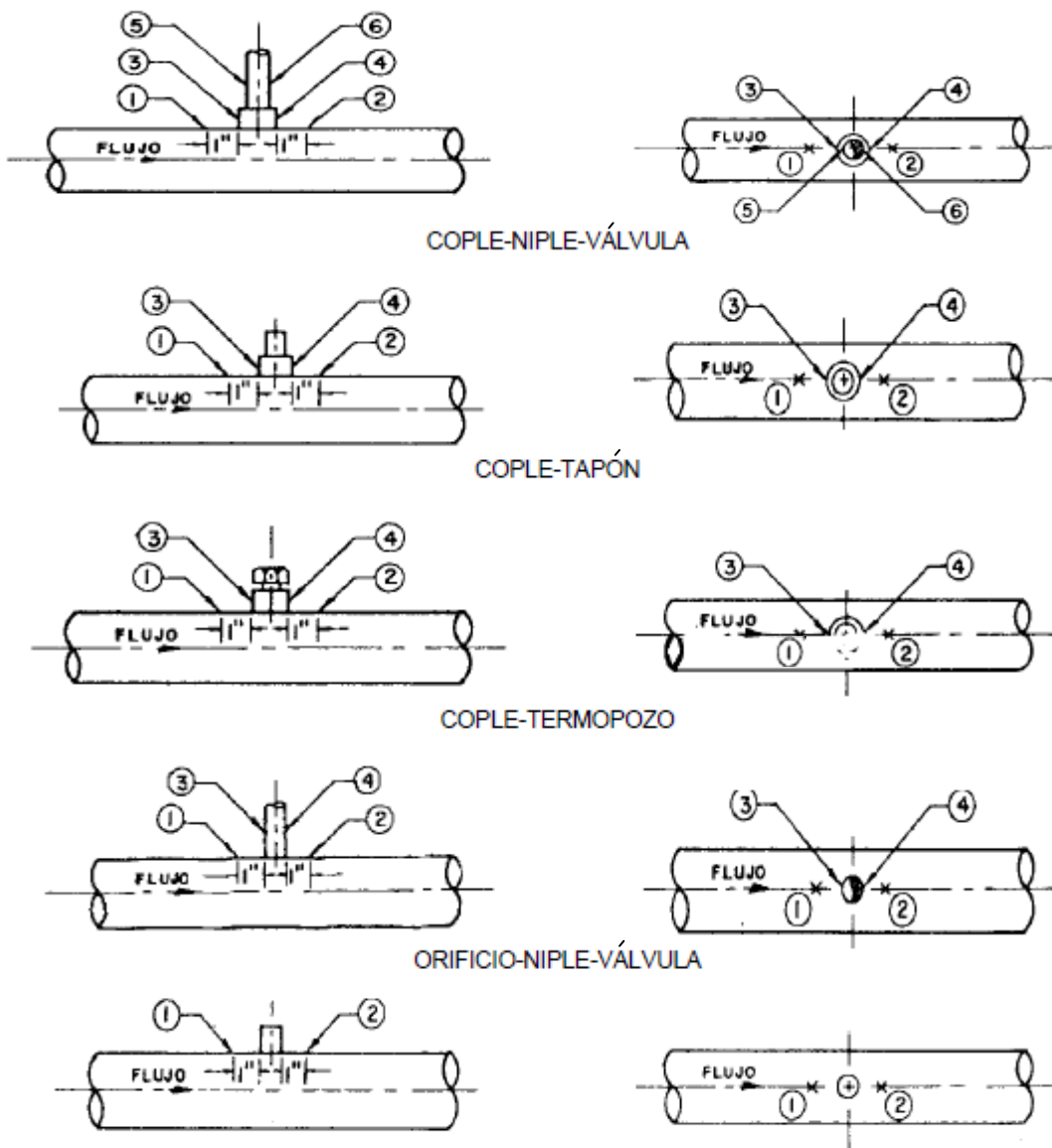


Figura 4. Localización de puntos de medición en los arreglos de niplería.

Nivel de inspección de tornillería

Los criterios generales para colocar un nivel de inspección de tornillería en bridas de cualquier accesorio se mencionan a continuación:

- Cuando se trate de válvulas intermedias bridadas (válvula de compuerta, bola, globo, macho y de control) habrá un nivel de inspección de tornillería en cada brida de los extremos de la válvula.

- Cuando dos unidades de control estén delimitadas por una válvula bridada, se considera un nivel de inspección de tornillería en cada unidad de control.
- Algunos arreglos solo contendrán un nivel de inspección de tornillería, como es el caso de la válvula de mariposa y el medidor de flujo, los cuales tienen dos bridas con un solo juego de espárragos de mayor longitud que los comunes.
- En la brida del arreglo termopar-termopozo, dicho nivel de tornillería será numerado de acuerdo con la secuencia seguida dentro de la unidad de control a la que pertenezca el arreglo.
- Las bridas que estén unidas a la boquilla de un equipo se consideran como un nivel de inspección de tornillería, dicho nivel es tomado en cuenta en la unidad de control de tubería correspondiente y ya no se considerará en el equipo.
- Se tomarán dos niveles de inspección de tornillería dentro de la unidad de control en las válvulas bridadas que estén al fin de una línea.
- En el caso de que la línea finalice en una brida con tapa ciega, se tomará un nivel de inspección de tornillería.

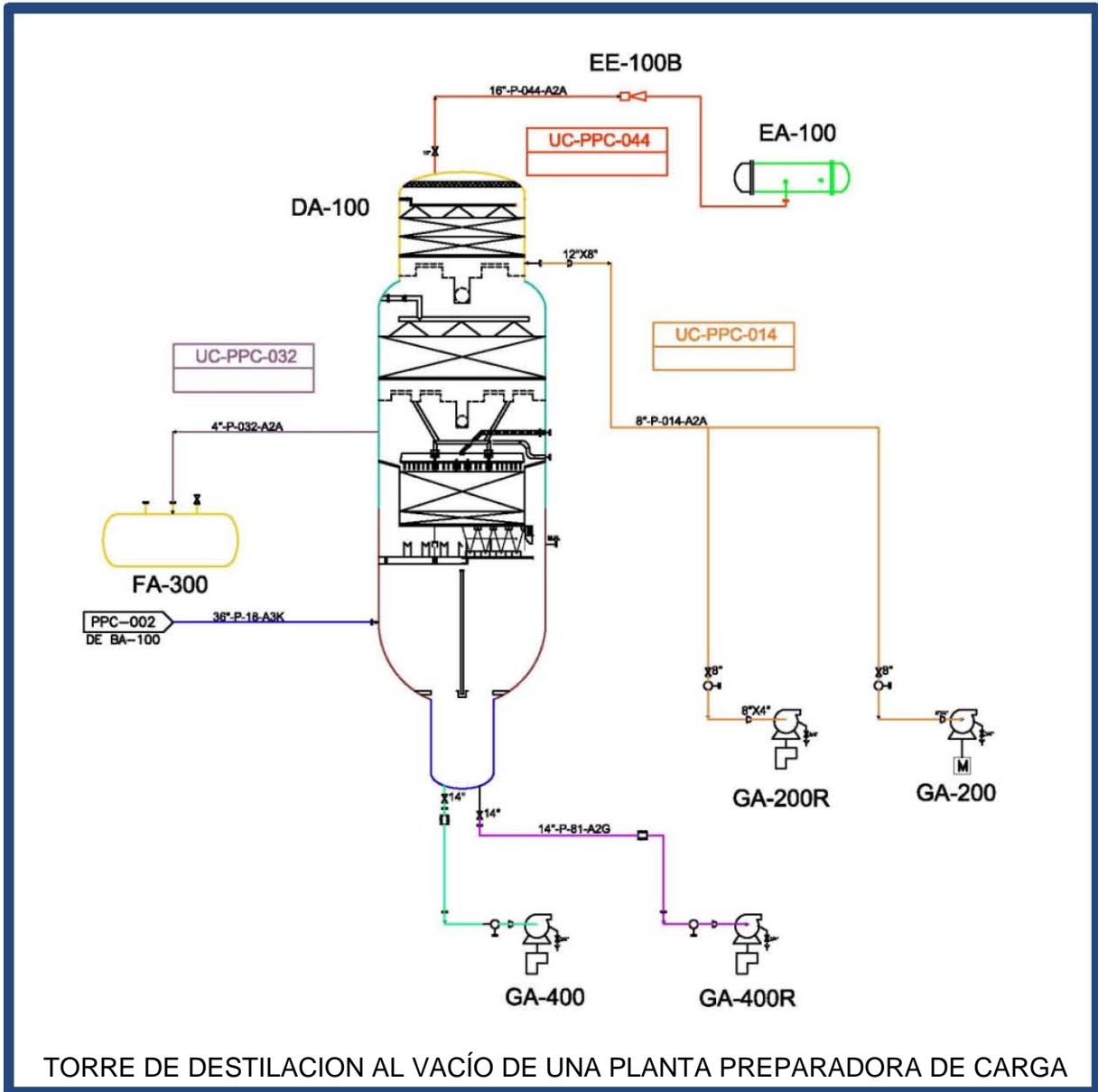
El procedimiento para efectuar la revisión de tornillería de tuberías y equipos en las instalaciones en operación DG-GPASI-IT-0903, evalúa el estado físico de la tornillería de las tuberías y equipos de las instalaciones, a fin de detectar oportunamente daños o fallas, e implementar las acciones correctivas necesarias para garantizar la hermeticidad de todas las uniones bridadas ^[14].

El periodo de revisión de la tornillería se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Periodo de revisión de tornillería.

Grado de corrosión	Descripción	Periodo de revisión
Leve	Se observan oxidados, pero la cuerda del esparrago no se ve desgastada en forma apreciable	5 años
Moderada	Se observan depósitos de corrosión en algunas partes del esparrago y los hilos de la rosca se ven con cierto desgaste pero todavía con profundidad suficiente	4 años
Alta	El esparrago prácticamente ya no cuenta con rosca en alguna sección, pero se alcanzan a ver todavía los hilos	3 años
Severa	El esparrago ya se ve en algunas zonas sin su diámetro original. Se observa acinturamiento y por supuesto los hilos de la rosca ya no existen	2 años

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



En el proceso de implementación del SIMECELE, es necesaria la recopilación de información para iniciar el estudio del proceso en general y de sus expedientes de medición de espesores para conocer el estado de las líneas críticas de la planta, por lo que se requirió de los siguientes documentos:

- Descripción del proceso.
- Diagrama de operación y funcionamiento.
- Manual de operación.
- Diagrama de flujo de proceso.
- Diagramas de tubería e instrumentación y de servicios auxiliares.
- Lista de líneas.
- Especificación de materiales.
- Censo de circuitos de la planta para medición de espesores (sí existiera).
- Censo de unidades de control (sí existiera).
- Diagramas para la inspección técnica (si existiera).
- Expedientes de mediciones de las unidades de control.
- Hojas de datos de equipos.
- Hojas de diseño mecánico de los equipos.
- Plano de localización general.

3.1. Descripción del proceso

El análisis de la disminución de espesores de líneas se hizo en una planta preparadora de carga, a continuación se describe el proceso. El diagrama de flujo de proceso se puede consultar en el Anexo A para una mejor comprensión del proceso de la planta.

La planta preparadora de carga recibe como alimentación crudo reducido proveniente del límite de batería, procedente de las plantas de destilación primaria. La carga es llevada a un tanque de balance, FA-100 y de ahí es impulsado por medio de bombas GA-100/R a los 3 bancos de precalentadores (EA-100, EA-200A/B, EA-400A/D) con objeto de elevar su temperatura de 180 °C hasta 304°C. El precalentamiento se hace aprovechando el calor de los reflujos de la columna de destilación al vacío (DA-100) y del residuo, la carga precalentada hasta una temperatura de 301°C aproximadamente, es enviada a un calentador de fuego directo BA-100, donde se lleva a cabo una vaporización parcial. La mezcla líquido-vapor se lleva a la zona de vaporización de la torre de destilación al vacío. La presión del sistema horno-torre de vacío se mantiene únicamente mediante el sistema de vacío EE-100 y EE-200 (sistema seco).

Del fondo de la columna DA-100 se obtiene una corriente de residuo de vacío, la cual, después de intercambiar calor con la corriente de carga en el precalentador EA-400A/D se divide, una parte regresa con fines de enfriamiento de los fondos a la torre de vacío y la otra se mezcla con una cantidad apropiada de diluyente. El combustible resultante se enfría en la caja enfriadora EB-100 y después se envía a límite de batería.

De la torre de vacío se extrae una corriente de gasóleo pesado que, después de pasar por el tanque de gasóleo pesado FA-300, se divide en tres fracciones: la primera, después de enfriarse en los equipos EA-200A/B y EA-700A/B, se utiliza como reflujo. La segunda se alimenta a la torre inmediatamente abajo de la extracción utilizándose para lavado y para mantener húmeda la malla. La última fracción es el producto de gasóleo pesado de vacío, el cual se manda al límite de batería, ya sea a procesamiento en otras plantas como la desintegración catalítica fluidizada, o bien, a almacenamiento previo enfriamiento.

De la torre también se extrae una corriente de gasóleo ligero. Una parte después de enfriarse en los cambiadores EA-100 y EA-500A/B regresa a la torre como reflujo, y la otra se envía a límite de batería, ya sea a procesamiento en otras plantas como la desintegración catalítica fluidizada, o bien, a almacenamiento, previo a enfriamiento.

Los gases incondensables y vapores ligeros, que salen por el domo de la torre DA-100, son extraídos mediante dos baterías de eyectores en tres etapas provistos de intercondensadores (EC-100/200/300). En dichos cambiadores se condensan los hidrocarburos ligeros remanentes antes de ser enviados al tanque de sello FA-800.

Los gases de salida del sistema de vacío se descargan en un tanque separador, FA-200, en donde el líquido que se pudiera separar es enviado al tanque de sello, FA-800, mientras los incondensables del tanque separador se envían al horno BA-100 para su combustión. El condensado aceitoso proveniente del tanque de sello es enviado posteriormente al límite de batería mediante el uso de las bombas GA-600/R.

Con el objeto de evitar la corrosión, se inyecta una cantidad dosificada de inhibidor de corrosión en la parte superior de la torre y a la entrada de los eyectores. Para evitar la coquización del crudo reducido en el horno se inyecta vapor de media a los serpentines de crudo en el punto donde se inicia la vaporización.

En la tabla 4 se muestran los equipos que integran al proceso.

Tabla 4. Equipos del proceso.

Equipo	Descripción
BA-100	Calentador a fuego directo de residuo de primarias
BH-100	Desobrecalentador de vapor a eyectores
DA-100	Torre de destilación al vacío
EA-100	Pre calentador de carga/Reflujo de gasóleo ligero
EA-200A/B	Pre calentador de carga/Reflujo de gasóleo pesado
EA-400A/D	Pre calentador de carga/Reflujo de residuo de vacío
EA-500A/B	Enfriador del reflujo de gasóleo ligero
EA-600	Enfriador de gasóleo ligero
EA-700	Enfriador de reflujo de gasóleo pesado
EA-800	Enfriador de gasóleo pesado producto
EA-900A/D	Generador de vapor
EB-100	Caja enfriadora
EE-100/200	Sistema eyector del tanque de sello
FA-100	Tanque de balance
FA-200	Tanque separador
FA-300	Tanque de gasóleo pesado
FA-400	Tanque separador de vapor
FA-800	Tanque de sello
GA-100/R	Bomba de carga de residuo de primarias
GA-200/R	Bomba de gasóleo ligero
GA-300/R	Bomba de gasóleo pesado
GA-400/R	Bomba de residuo de vacío
GA-500/R	Bomba de condensado
GA-600/R	Bomba de condensado aceitoso
GA-700/R	Bomba de condensado al sobrecalentador
GA-110/R	Bomba de retorno de agua de enfriamiento
PA-100	Paquete de sistema de vacío

3.1.1. Identificación de circuitos de líneas

La identificación de los circuitos de la planta se realizó con respecto al análisis de la descripción del proceso, dependiendo del fluido y del cambio en la composición. El primer circuito es la carga a la torre de vacío, es ahí donde se da principalmente el cambio de composición, y donde se obtienen diferentes fracciones del residuo de primarias (gasóleo ligero, gasóleo pesado y residuo de vacío), también se identificaron circuitos de servicios que requiere la planta como

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



gas combustible, diluyente y combustóleo. El desfogue es parte importante del proceso principal, por lo que también fue considerado.

En total se identificaron 15 circuitos de líneas los cuales se muestran en la tabla 5, se da una breve descripción, el servicio que maneja y el diagrama de flujo de proceso donde se encuentra.

Tabla 5. Censo de circuitos.

NO.	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	SERVICIO	DFP
1	CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	De límite de batería a la torre de vacío DA-100	Crudo reducido	PPC-001-A
2	GASÓLERO LIGERO	De DA-100 a recirculación y a planta de desintegración catalítica o a almacenamiento	Gasóleo ligero	PPC-001-A
3	GASÓLEO PESADO	De DA-100 a recirculación y a planta de desintegración catalítica o a almacenamiento, Línea Igualadora	Gasóleo pesado	PPC-001-A
4	RESIDUO DE VACÍO	De fondos a recirculación y a almacenamiento de combustóleo	Residuo	PPC-001-A
5	DOMO DA-100	Del domo de DA-100 a tanque FA-800 y FA-200	Incondensables aceitosos	PPC-001-A
6	INCONDENSABLES	De FA-200 a arrestador del horno BA-100	Incondensables	PPC-001-A
7	RETORNO DE AGUA ACEITOSA	De FA-200 a FA-800	Agua aceitosa	PPC-001-A
8	CONDENSADO ACEITOSO	De FA-800 a límite de batería	Condensado aceitoso	PPC-001-A
9	DILUENTE	De límite de batería a Inyección de Residuo de Vacío	Kerosina/Diesel/Aceite cíclico ligero	PPC-001-A
10	DESFOGUE	De cabezal de desfogue a FA-500 y a Límite de batería	Desfogue	PPC-001-A
11	GAS COMBUSTIBLE	De límite de batería a FA-100, FA-900, FA-110, FA-110A, FA-120 y BA-100	Gas combustible	PPC-001-A
12	ACEITE DE LIMPIEZA	De límite de batería a FB-300 y a cabezal de distribución de aceite de lavado	Aceite de lavado	--
13	ACEITE DE SELLO	De FB-300 a servicio de aceite de sello	Aceite de sello	--
14	SLOP	De FA-500 a límite de batería	Producto fuera de especificación	--
15	GAS DE DECOQUIZADO	De BA-100 a FA-100	Gas decoquizado	--

Las unidades de control utilizadas en este trabajo se encuentran en los circuitos 02, 04 y 05. Las unidades de control son de la misma clase de material en sus tuberías A2A (ASTM A53 Gr. B), pero manejan diferente fluido.

El diagrama de flujo de proceso que se utilizó para la identificación de los circuitos de líneas de la planta se muestra en el Anexo A.

3.1.2. Identificación de unidades de control de líneas

Después de la identificación de los circuitos se identifican las unidades de control, delimitándolas de acuerdo a la guía DG-SASIPA-IT-0204^[2], dicha delimitación se hizo con respecto a sus condiciones de operación, a la clase de material y al servicio manejado.

Se obtuvieron 126 unidades de control de líneas en la planta, las cuales se muestran en el Anexo D, donde se indica el circuito, unidad de control, una breve descripción y el diagrama de tubería e instrumentación (DTI) donde se encuentra.

Se seleccionó la unidad de control del domo de la torre de vacío, debido a que el sistema de vacío produce agua amarga contaminada con hidrocarburos y ácido sulfhídrico. Se considera crítica por su operación, ya que la presencia de ácido sulfhídrico causa intoxicación por inhalación, irritación y otros riesgos.

Las líneas de gasóleo ligero y gasóleo pesado son importantes ya que son los principales productos de la planta y se envían a otras plantas para su tratamiento. La criticidad de estas líneas es debido a que si no hay productos en la preparadora de carga, otras plantas son afectadas al no tener carga para procesar.

En la tabla 6 se enlistan las unidades de control que se utilizaron para realizar el análisis.

Tabla 6. Unidades de control críticas.

CIRCUITO SIMECELE	UC EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-014	De DA-100 a GA-200/R	PPC-005
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-032	De DA-100 a FA-300	PPC-004 PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-044	De DA-100 a EA-100, pasa por EE-100B	PPC-005

En la figura 5 se muestran las unidades de control con el mismo material de construcción A2A (ASTM A53 Gr. B).

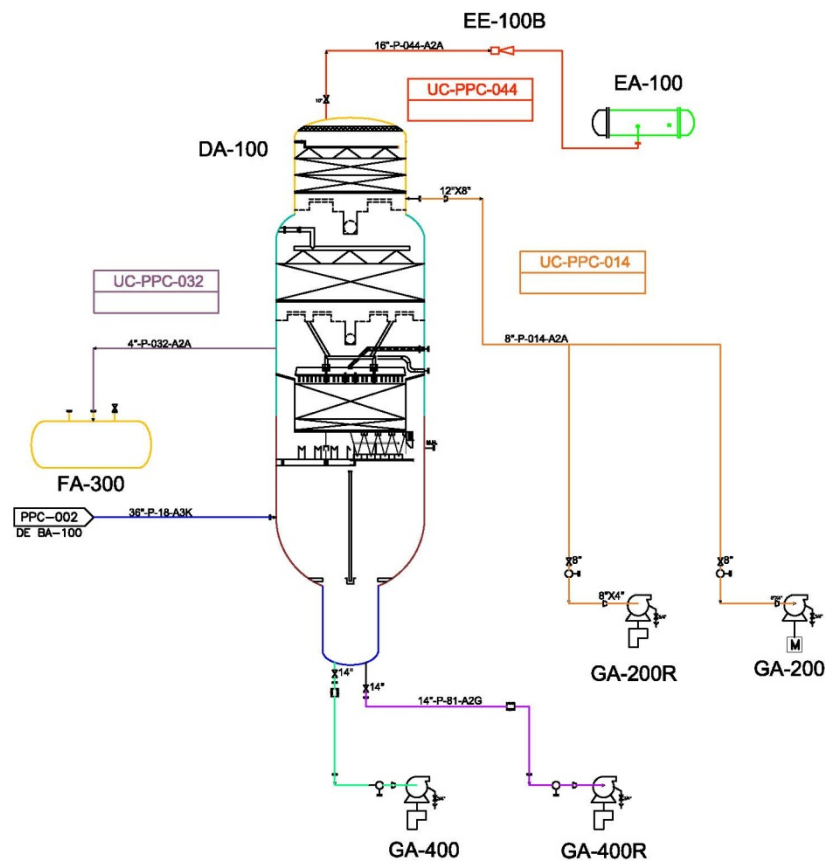


Figura 5. Unidades de control críticas.

Los diagramas de tuberías e instrumentación que se utilizaron para la identificación de los circuitos de líneas de la planta se muestran en el Anexo B.

3.2. Captura de las unidades de control en SIMECELE

Para hacer el análisis del desgaste fue necesaria la captura de la información en el SIMECELE, la información requerida fue:

- Actualización y digitalización de los diagramas para la inspección técnica.
 - Captura de la especificación de materiales.
 - Captura de la información de la planta.
 - Captura de los circuitos.
 - Captura de las unidades de control.
 - Captura de las mediciones de espesores para cada unidad de control.
-
- *Actualización y digitalización de los diagramas para la inspección técnica*

La actualización de los diagramas para la inspección técnica se realizó con base en la guía DG-SASIPA-IT-0204^[2].

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La figura 6, muestra el diagrama para la inspección técnica que se utiliza para la captura de las mediciones de espesores en este caso de la unidad de control UC-PPC-014.

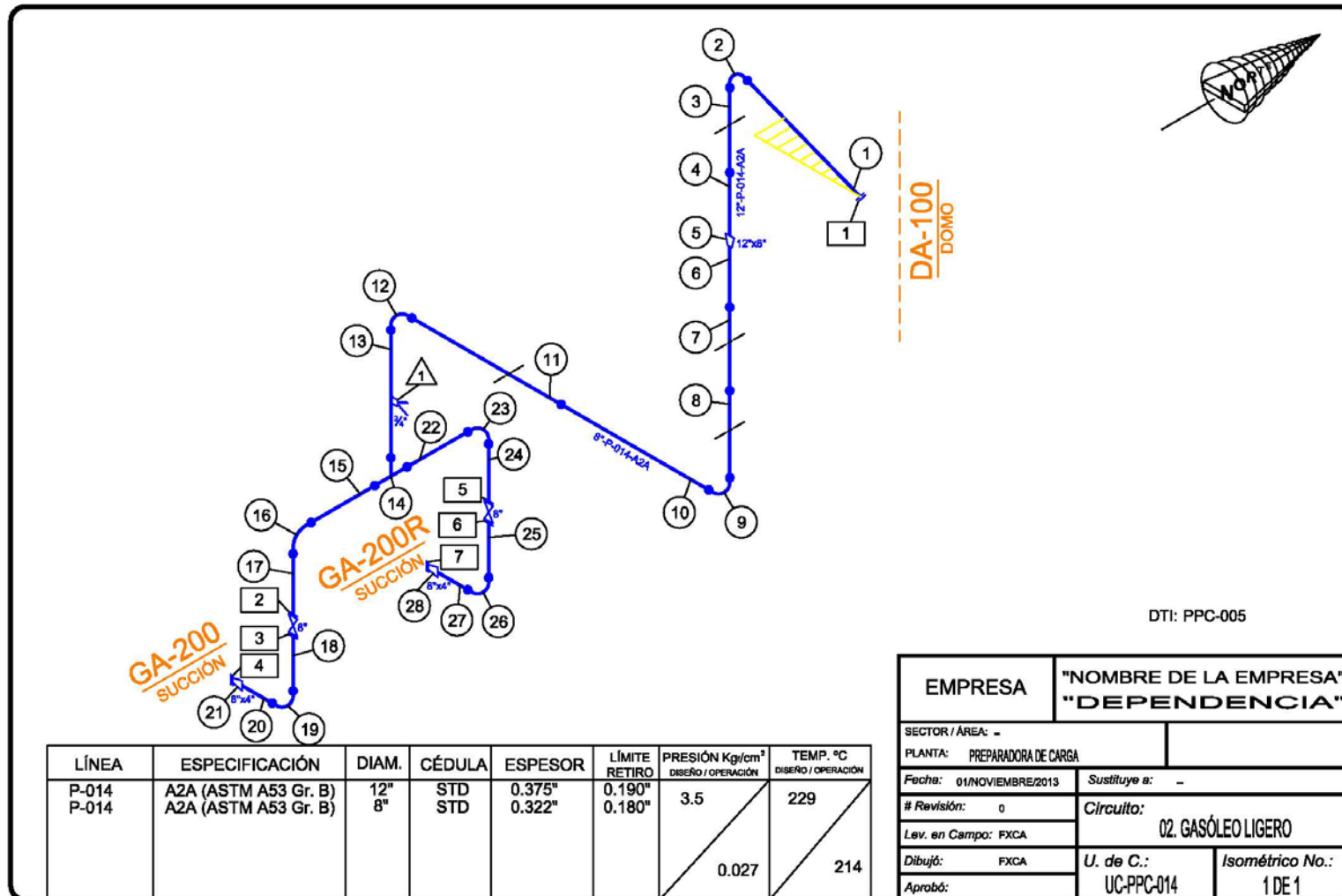


Figura 6. Diagrama para la inspección técnica de la UC-PPC-014.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La figura 7, muestra el diagrama para la inspección técnica que se utiliza para la captura de las mediciones de espesores en este caso de la unidad de control UC-PPC-032.

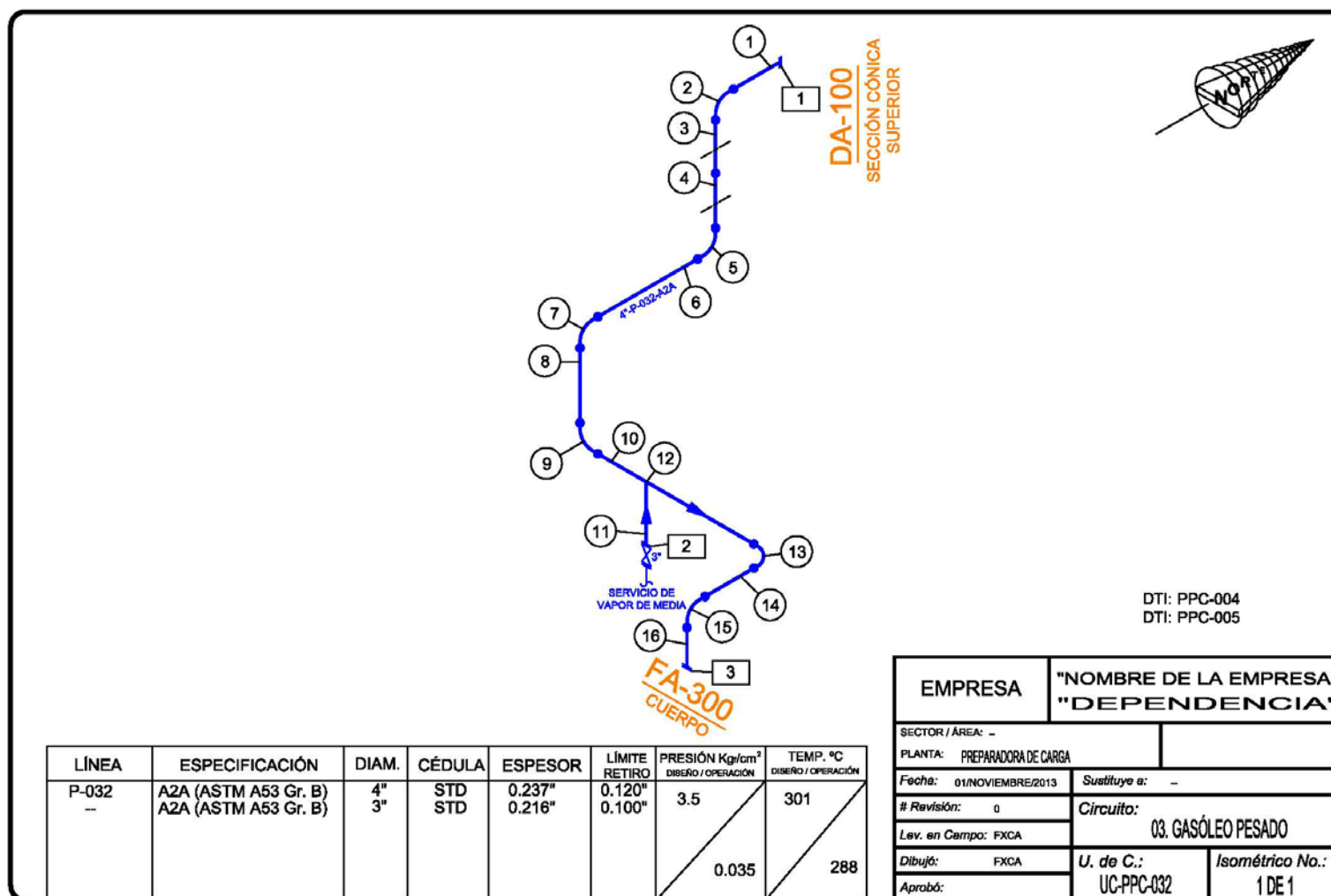


Figura 7. Diagrama para la inspección técnica de la UC-PPC-032.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La figura 8, muestra el diagrama para la inspección técnica que se utiliza para la captura de las mediciones de espesores en este caso de la unidad de control UC-PPC-044.

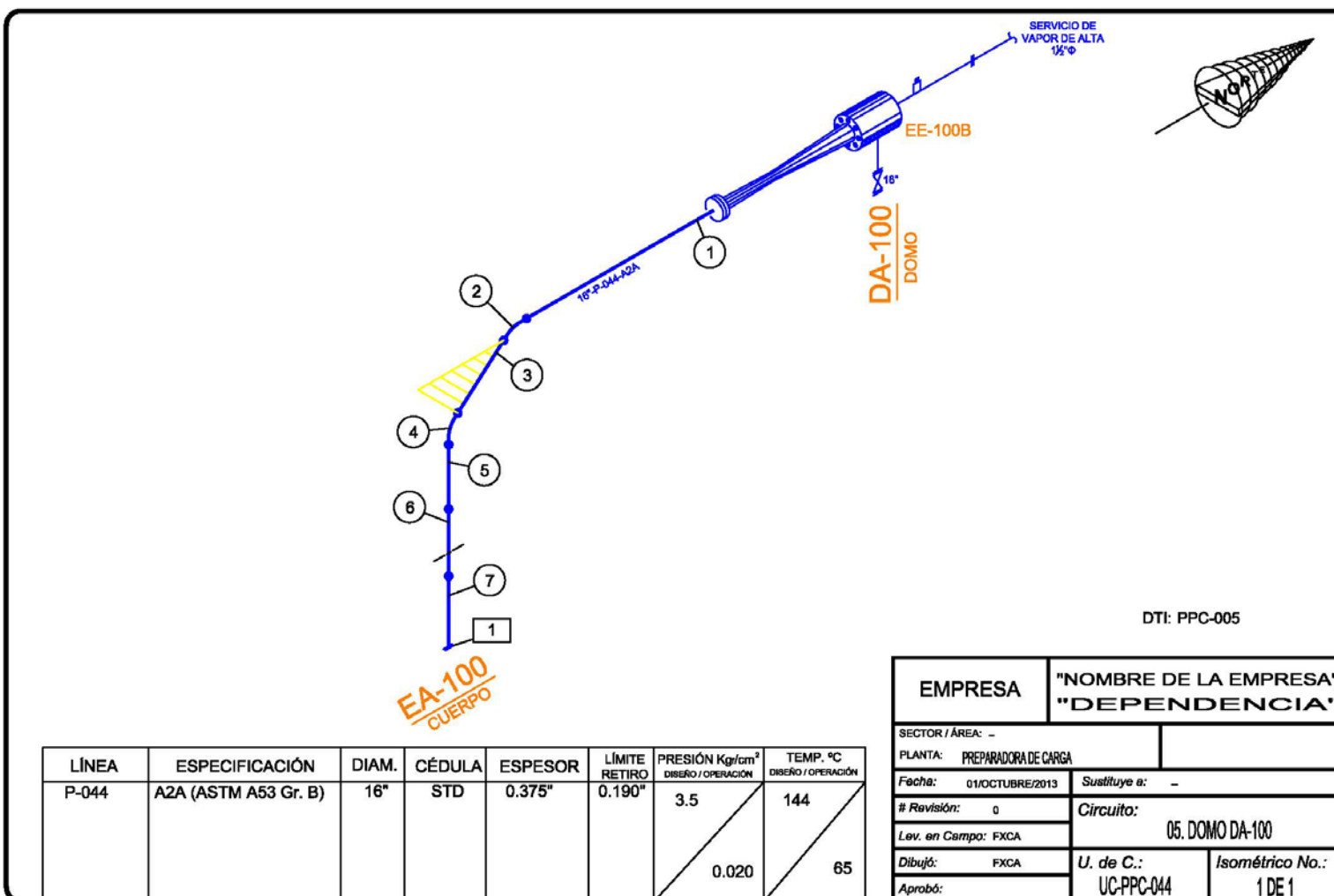


Figura 8. Diagrama para la inspección técnica de la UC-PPC-044.

➤ Captura de las especificaciones de materiales

Antes de capturar la unidad de control en SIMECELE, es necesario capturar la especificación de materiales de tubería, niplería y bridas.

En la figura 9 se muestra la pantalla de captura de la especificación de los materiales para la clase A2A para tubería, niplería y bridas, así como los servicios que manejan cada circuito y sus condiciones máximas de operación.

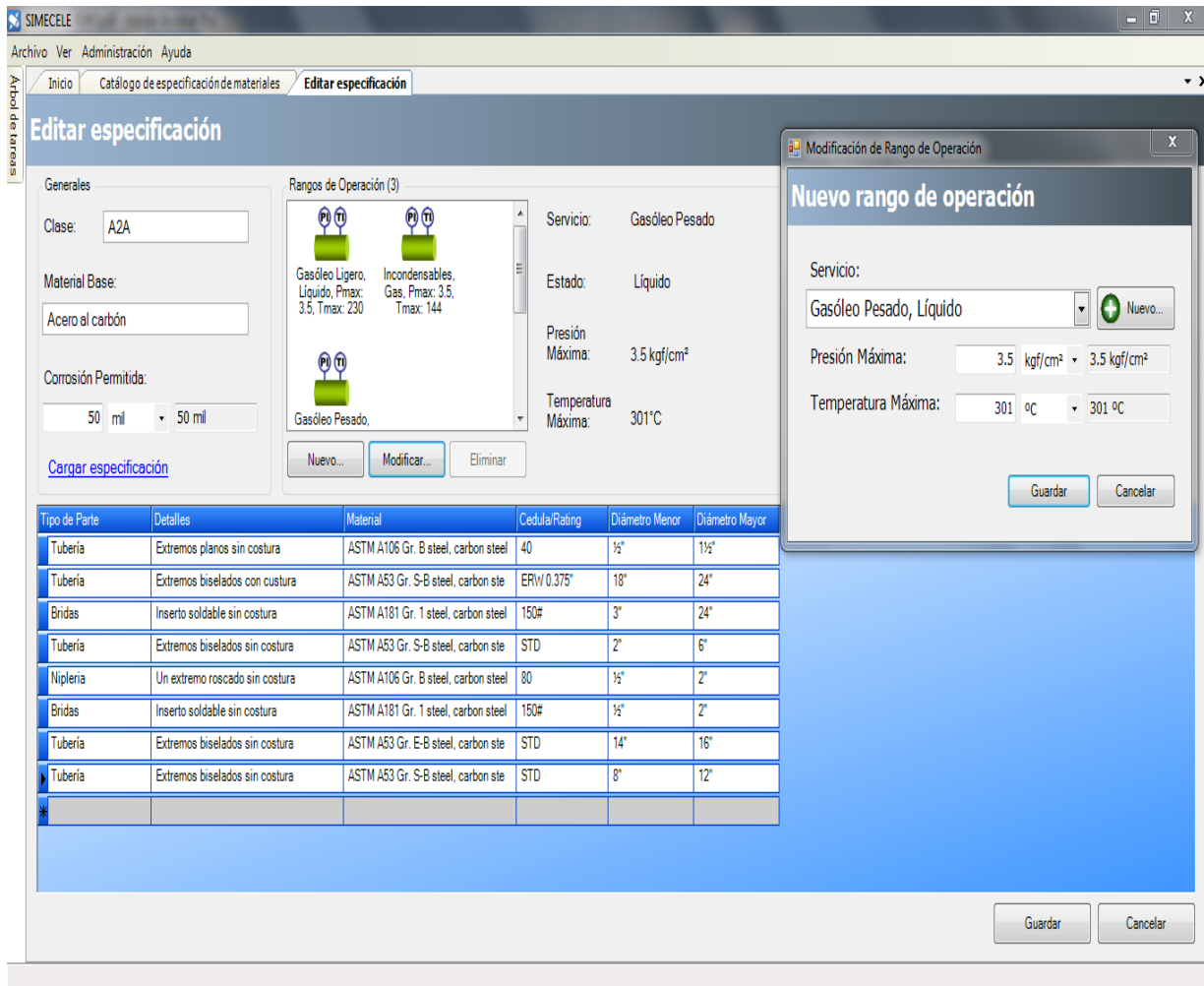


Figura 9. Captura de la especificación de materiales.

➤ Captura de la instalación

Después de capturar la especificación de materiales, se da de alta la información de la planta, seleccionando el código de identificación (PPC), el nombre oficial y el nombre común.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



En la figura 10 se muestra el resumen de la captura de los datos de la planta.

SIMECELE

Archivo Ver Administración Ayuda

Inicio Catálogo de especificación de materiales Menu de Capturas Dar de alta instalación

Resumen de propiedades de la instalación

Resumen General de las propiedades de la instalación

Código: PPC

Nombre: Planta Preparadora de Carga

Nombre Comun: Preparadora de Carga

Licenciador:

Localización: Sector 04.

Servicios:

- Gasóleo ligero
- Gasóleo pesado
- Incondensables

Guardar

< Anterior

Cancelar

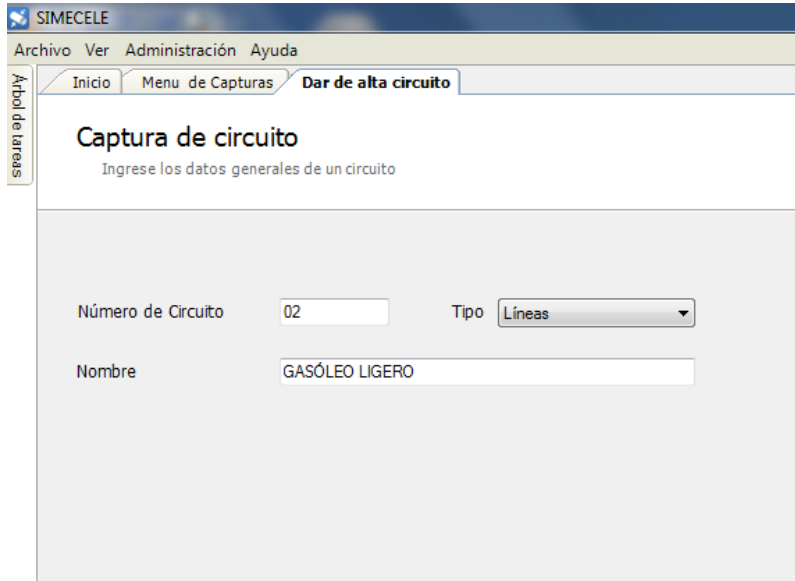
Ayuda

Figura 10. Captura de los datos de la Planta Preparadora de Carga (PPC) en SIMECELE.

➤ *Captura de circuitos*

Después de la captura de los datos de la planta, se capturarán los circuitos de acuerdo al censo.

En la figura 11 se muestra la captura de un circuito de líneas que se ocupó para el análisis.



SIMECELE

Archivo Ver Administración Ayuda

Inicio Menu de Capturas Dar de alta circuito

Arbol de Areas

Captura de circuito

Ingrese los datos generales de un circuito

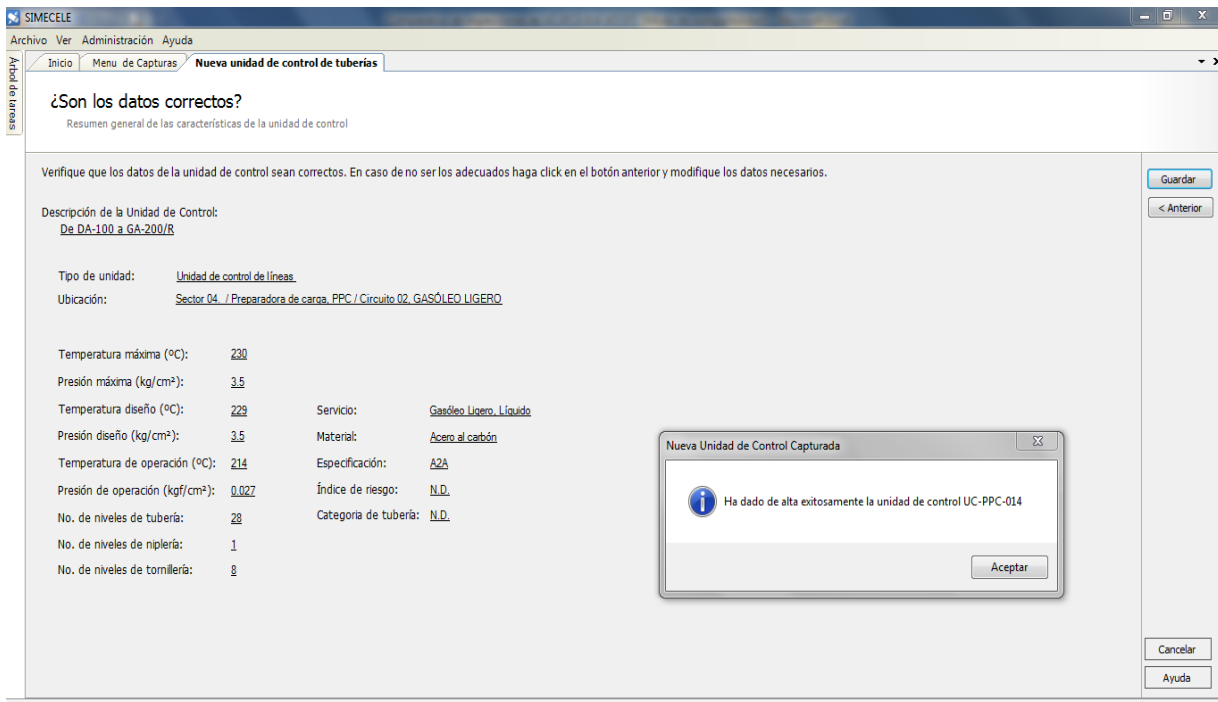
Número de Circuito: 02 Tipo: Líneas

Nombre: GASÓLEO LIGERO

Figura 11. Captura de un circuito en SIMECELE.

➤ Captura de las unidades de control

Para cada unidad de control se hizo la captura de su descripción, condiciones de operación, servicio, clase de material, lista de diámetros, niveles de tubería, niplería y tornillería. En la figura 12 se muestra un ejemplo de la captura de la unidad de control UC-PPC-014.



SIMECELE

Archivo Ver Administración Ayuda

Inicio Menu de Capturas Nueva unidad de control de tuberías

Arbol de Areas

¿Son los datos correctos?

Resumen general de las características de la unidad de control

Verifique que los datos de la unidad de control sean correctos. En caso de no ser los adecuados haga click en el botón anterior y modifique los datos necesarios.

Descripción de la Unidad de Control:
De DA-100 a GA-200/R

Tipo de unidad: Unidad de control de líneas
Ubicación: Sector 04. / Preparadora de carga, PPC / Circuito 02, GASÓLEO LIGERO

Temperatura máxima (°C): 230	Servicio: Gasóleo Ligero, Líquido
Presión máxima (kg/cm²): 3.5	Material: Acero al carbón
Temperatura diseño (°C): 229	Especificación: A2A
Presión diseño (kg/cm²): 3.5	Índice de riesgo: N.D.
Temperatura de operación (°C): 214	Categoría de tubería: N.D.
Presión de operación (kgf/cm²): 0.027	
No. de niveles de tubería: 28	
No. de niveles de niplería: 1	
No. de niveles de tornillería: 8	

Nueva Unidad de Control Capturada

Ha dado de alta exitosamente la unidad de control UC-PPC-014

Guardar

< Anterior

Aceptar

Cancelar

Ayuda

Figura 12. Captura de la UC-PPC-014.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



➤ Captura de inspecciones

Después, se captura la información de los expedientes de medición de espesores de las unidades de control, en cada año en que se realizó la inspección. En la figura 13 se muestra la captura de inspecciones de la UC-PPC-014.

Inspector: captura U N A M 2

Temperatura ● Inspección completa ↶ Enviar al Medidor ↷ Descargar del Medidor 📏 Ver isométrico de la unidad de control ➔ Exportar a excel 🔄 Actualizar niveles

Número de Nivel	Datos del Nivel	Posición	Lectura Anterior	Lectura Actual	Velocidad de Desgaste	Detalles
1	Esp. Nom.: 375 Lim. Ret.: 190 Esp. Max.: 422 Diámetro: 12"	Norte	289 (jun-2009)	258	7.02	Punto Normal
		Sur	281 (jun-2009)	253	6.34	Punto Normal
		Arriba	236 (jun-2009)	228	1.81	Punto Normal
		Abajo	269 (jun-2009)	252	3.85	Punto Normal
2	Esp. Nom.: 375 Lim. Ret.: 190 Esp. Max.: 422 Diámetro: 12"	Norte	361 (jun-2009)	347	3.17	Punto Normal
		Sur	352 (jun-2009)	334	4.07	Punto Normal
		Fuera (Codo)	332 (jun-2009)	310	4.98	Punto Normal
		Dentro (Garganta)	327 (jun-2009)	314	2.94	Punto Normal
3	Esp. Nom.: 375 Lim. Ret.: 190 Esp. Max.: 422 Diámetro: 12"	Norte	299 (jun-2009)	291	1.81	Punto Normal
		Sur	304 (jun-2009)	290	3.17	Punto Normal
		Oriente	287 (jun-2009)	277	2.26	Punto Normal
		Poniente	284 (jun-2009)	276	1.81	Punto Normal
4	Esp. Nom.: 375 Lim. Ret.: 190 Esp. Max.: 422 Diámetro: 12"	Norte	311 (jun-2009)	300	2.49	Punto Normal
		Sur	318 (jun-2009)	299	4.30	Punto Normal
		Oriente	288 (jun-2009)	279	2.04	Punto Normal
		Poniente	294 (jun-2009)	281	2.94	Punto Normal
5	Esp. Nom.: 375 Lim. Ret.: 190 Esp. Max.: 422 Diámetro: 12"	Norte	380 (jun-2009)	369	2.49	Punto Normal
		Sur	378 (jun-2009)	365	2.94	Punto Normal
		Oriente	370 (jun-2009)	360	2.26	Punto Normal
		Poniente	377 (jun-2009)	368	2.04	Punto Normal
6	Esp. Nom.: 322 Lim. Ret.: 180 Esp. Max.: 362 Diámetro: 8"	Norte	201 (jun-2009)	190	2.49	Punto cercano a su límite de retiro (10% de espesor remanente)
		Sur	215 (jun-2009)	198	3.85	Punto Normal
		Oriente	231 (jun-2009)	214	3.85	Punto Normal
		Poniente	204 (jun-2009)	198	3.85	Punto Normal

Figura 13. Captura de las inspecciones de la UC-PPC-014.

Después de la captura de la información de los expedientes de medición de espesores de las unidades de control, se hizo el análisis del desgaste en las tuberías, para conocer de qué manera influyen los diferentes fluidos manejados sobre un mismo material de tubería.

3.3. Cálculo de la velocidad de desgaste puntual

La velocidad de desgaste es la rapidez con la cual disminuye el espesor la pared. Generalmente, se calcula comparando los espesores obtenidos en cada una de las posiciones de medición, efectuadas en dos fechas consecutivas con mínimo de un año de diferencia. Con fechas más cercanas se obtienen inconsistencia en los de valores resultantes.

Para calcular el desgaste se utiliza la ecuación 1:

$$d = \frac{ei - ef}{ff - fi} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

d= Velocidad de desgaste puntual [mpa].

ei= Espesor obtenido en la fecha fi [mils].

ef= Espesor obtenido en la fecha ff [mils].

ff= Fecha de la medición en que se está analizando [años].

fi= Fecha de la medición inmediata anterior [años].

Nota: mpa [milésimas de pulgada por año].

mils [milésimas de pulgada].

Para el cálculo de las fechas de medición fi y ff se utiliza la siguiente ecuación 2.

$$fi, ff = \text{Número de año} + \frac{\text{Número de mes} + \frac{\text{Número de día}}{\text{Número de días del mes}}}{12} \quad \text{Ec. 2}$$

Para la unidad de control del circuito de gasóleo ligero UC-PPC-014, se tienen expedientes de inspección de medición de espesores con fecha:

- Octubre de 2005.
- Junio de 2009.
- Noviembre de 2013.

Con base en las fechas de inspecciones mencionadas, se determinó la velocidad de desgaste puntual que muestran en la tabla 7.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 7. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-014.

Descripción			Octubre de 2005		Junio de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
1	Diámetro: 12" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 1	Norte	307	-	289	4.91	258	7.02
		Sur	293	-	281	3.27	253	6.34
		Arriba	260	-	236	6.55	228	1.81
		Abajo	290	-	269	5.73	252	3.85
2	Diámetro: 12" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Codo Nivel 2	Norte	371	-	361	2.73	347	3.17
		Sur	363	-	352	3	334	4.07
		Fuera (Codo)	340	-	332	2.18	310	4.98
		Dentro (Garganta)	345	-	327	4.91	314	2.94
3	Diámetro: 12" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 3	Norte	310	-	299	3	291	1.81
		Sur	320	-	304	4.36	290	3.17
		Oriente	293	-	287	1.64	277	2.26
		Poniente	298	-	284	3.82	276	1.81
4	Diámetro: 12" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 4	Norte	316	-	311	1.36	300	2.49
		Sur	326	-	318	2.18	299	4.3
		Oriente	301	-	288	3.55	279	2.04
		Poniente	304	-	294	2.73	281	2.94
5	Diámetro: 12" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Reducción Nivel 5	Norte	382	-	380	0.55	369	2.49
		Sur	385	-	378	1.91	365	2.94
		Oriente	374	-	370	1.09	360	2.26
		Poniente	383	-	377	1.64	368	2.04
6	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 6	Norte	220	-	201	5.18	190	2.49
		Sur	226	-	215	3	198	3.85
		Oriente	247	-	231	4.36	214	3.85
		Poniente	217	-	204	3.55	189	3.39
7	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 7	Norte	270	-	257	3.55	239	4.07
		Sur	280	-	266	3.82	251	3.39
		Oriente	230	-	214	4.36	194	4.53
		Poniente	260	-	242	4.91	233	2.04

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 7. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-014 (continuación).

Descripción			Octubre de 2005		Junio de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
8	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 8	Norte	230	-	215	4.09	201	3.17
		Sur	250	-	241	2.46	233	1.81
		Oriente	260	-	245	4.09	231	3.17
		Poniente	280	-	266	3.82	251	3.39
9	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Codo Nivel 9	Norte	327	-	287	10.91	261	5.88
		Sur	264	-	231	9	211	4.53
		Fuera (Codo)	255	-	223	8.73	195	6.34
		Dentro (Garganta)	344	-	251	25.37	230	4.75
10	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 10	Norte	318	-	281	10.09	239	9.5
		Sur	270	-	255	4.09	231	5.43
		Arriba	271	-	257	3.82	235	4.98
		Abajo	268	-	246	6	230	3.62
11	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 11	Norte	290	-	279	3	264	3.39
		Sur	281	-	274	1.91	266	1.81
		Arriba	280	-	258	6	250	1.81
		Abajo	310	-	274	9.82	251	5.2
12	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Codo Nivel 12	Norte	302	-	284	4.91	277	1.58
		Sur	299	-	294	1.36	284	2.26
		Fuera (Codo)	268	-	260	2.18	241	4.3
		Dentro (Garganta)	333	-	328	1.36	322	1.36
13	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 13	Norte	280	-	268	3.27	249	4.3
		Sur	292	-	281	3	260	4.75
		Oriente	308	-	287	5.73	264	5.2
		Poniente	299	-	285	3.82	261	5.43
14	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Te/Injerto Nivel 14	Oriente	471	-	522	-	470	0.12
		Poniente	509	-	578	-	489	2.47
		Obstrucción	-	-	-	-	-	-
		Abajo	428	-	443	0	440	0.68

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 7. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-014 (continuación).

Descripción			Octubre de 2005		Junio de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
15	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 15	Oriente	269	-	259	2.73	255	0.91
		Poniente	258	-	249	2.46	244	1.13
		Arriba	292	-	272	5.46	266	1.36
		Abajo	256	-	226	8.18	223	0.68
16	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Codo Nivel 16	Oriente	331	-	323	2.18	320	0.68
		Poniente	334	-	293	11.18	290	0.68
		Fuera (Codo)	264	-	249	4.09	241	1.81
		Dentro (Garganta)	297	-	292	1.36	288	0.91
17	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 17	Norte	307	-	302	1.36	281	4.75
		Sur	323	-	320	0.82	294	5.88
		Oriente	301	-	286	4.09	271	3.39
		Poniente	332	-	291	11.18	274	3.85
18	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 18	Norte	284	-	277	1.91	274	0.68
		Sur	270	-	264	1.64	260	0.91
		Oriente	285	-	281	1.09	277	0.91
		Poniente	276	-	268	2.18	259	2.04
19	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Codo Nivel 19	Norte	272	-	268	1.09	262	1.36
		Sur	319	-	300	5.18	279	4.75
		Fuera (Codo)	291	-	285	1.64	265	4.53
		Dentro (Garganta)	298	-	287	3	267	4.53
20	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 20	Norte	297	-	294	0.82	281	2.94
		Sur	297	-	294	0.82	285	2.04
		Arriba	296	-	290	1.64	274	3.62
		Abajo	299	-	281	4.91	270	2.49
21	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Reducción Nivel 21	Norte	274	-	257	4.64	250	1.58
		Sur	280	-	261	5.18	254	1.58
		Arriba	221	-	207	3.82	201	1.36
		Abajo	286	-	245	11.18	241	0.91

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 7. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-014 (continuación).

Descripción			Octubre de 2005		Junio de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
22	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 22	Oriente	315	-	300	4.09	279	4.75
		Poniente	276	-	270	1.64	262	1.81
		Arriba	299	-	295	1.09	271	5.43
		Abajo	300	-	288	3.27	264	5.43
23	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Codo Nivel 23	Oriente	321	-	310	3	290	4.53
		Poniente	319	-	317	0.55	298	4.3
		Fuera (Codo)	280	-	275	1.36	254	4.75
		Dentro (Garganta)	309	-	295	3.82	284	2.49
24	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 24	Norte	304	-	283	5.73	278	1.13
		Sur	306	-	282	6.55	280	0.45
		Oriente	294	-	290	1.09	279	2.49
		Poniente	309	-	300	2.46	280	4.53
25	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 25	Norte	306	-	286	5.46	245	9.28
		Sur	278	-	275	0.82	240	7.92
		Oriente	289	-	284	1.36	253	7.02
		Poniente	277	-	270	1.91	241	6.56
26	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Codo Nivel 26	Norte	295	-	290	1.36	245	10.18
		Sur	291	-	284	1.91	244	9.05
		Fuera (Codo)	243	-	240	0.82	225	3.39
		Dentro (Garganta)	311	-	300	3	280	4.53
27	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Tubería Nivel 27	Norte	294	-	285	2.46	274	2.49
		Sur	277	-	264	3.55	254	2.26
		Arriba	302	-	295	1.91	285	2.26
		Abajo	269	-	255	3.82	240	3.39
28	Diámetro: 8" Espesor nominal: 322 Límite de retiro: 180 Tipo: Reducción Nivel 28	Norte	274	-	269	1.36	266	0.68
		Sur	257	-	237	5.46	230	1.58
		Arriba	255	-	245	2.73	228	3.85
		Abajo	240	-	224	4.36	210	3.17

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



La figura 14 muestra los puntos normales (entre 0 a 10 mpa), los puntos de atención (entre 10 a 15 mpa) y los puntos críticos (mayores a 15 mpa).

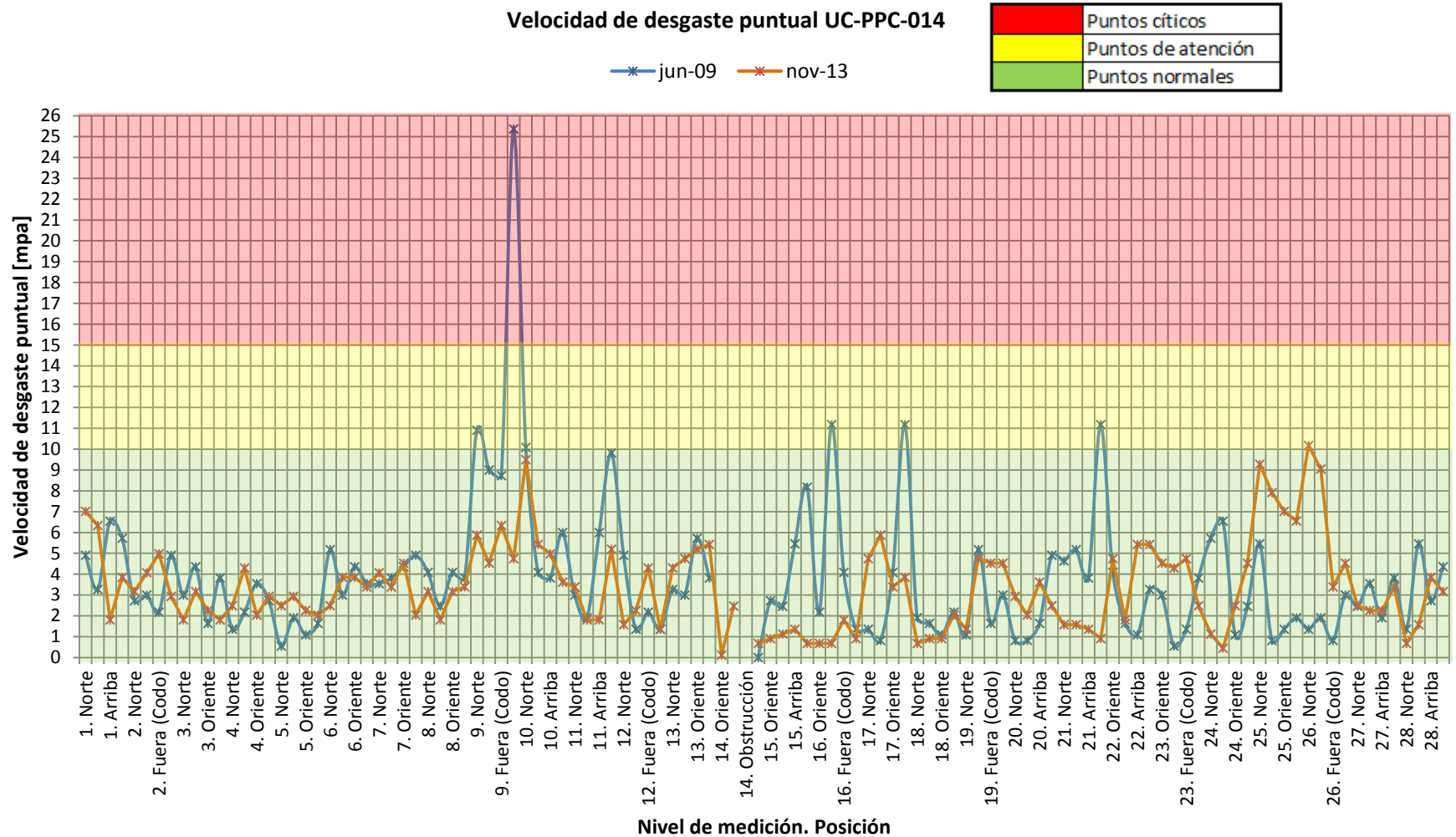


Figura 14. Velocidad de desgaste puntual de la UC-PPC-014.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



En la figura 14 se observa que la mayoría son puntos normales, algunos puntos de atención tales como: 9. Norte, 10. Norte, 16. Poniente, 17. Poniente, 21. Abajo y 26. Norte.

Se observa un punto de desgaste crítico o de corrosión localizada en la posición 9. Dentro (Garganta).

Las velocidades de desgaste de atención o críticas se dan principalmente en accesorios como codos, reducciones y después de estos, debido a que se genera mayor turbulencia y existe un desgaste del material por el mecanismo de corrosión interna y erosión por el cambio en la dirección del flujo.

Para el desgaste del nivel 1 de niplería y con base en las fechas de inspección, se determinó la velocidad de desgaste puntual que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niplería de la UC-PPC-014.

Descripción			Octubre de 2005		Junio de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Pieza	Espesor [mils]	Velocidad de Desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
1	Nivel 1 5. Arreglo Cople-Termopozo Espesor nominal (base): 322 mils Espesor nominal (cople): 500 mils Límite de retiro (base): 180 mils Límite de retiro (cople): 193 mils Libraje: 9000# Diámetro: ¾" Arreglo soldado	Base	241	-	240	0.27	233	1.58
		Base	217	-	225	0	221	0.91
		Cople	449	-	452	0	449	0.68
		Cople	453	-	461	0	450	2.49

En la tabla 8 se observa que la velocidad de desgaste es muy baja o es igual a cero cuando hay un incremento de espesor con respecto a la medición anterior de 0 a 5%, cuando excede de 5% de incremento de espesor con respecto a la medición anterior, no se considera la medición.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Para la unidad de control del circuito de gasóleo pesado UC-PPC-032, se tienen expedientes de medición de espesores en las fechas:

- Enero de 2001.
- Octubre de 2005.
- Julio 2009.

Además, en el mes de Julio de 2009 se realizó un emplazamiento de esta unidad de control, debido a que presentaba un desgaste considerable, por lo que se tienen mediciones actuales en las que también se realizó un análisis, las fechas de inspección fueron:

- Agosto de 2009.
- Noviembre de 2013.

Se reportan los resultados de ambos análisis, antes y después del emplazamiento, para comparar el desgaste que existió de Enero de 2001 a Julio de 2009 y después de Agosto de 2009 a Noviembre de 2013.

Con base en estas fechas de inspección, se determinó la velocidad de desgaste puntual, obteniendo resultados de Enero de 2001 a Julio de 2009 mostrados en la tabla 9.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 9. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Enero 2001 a Julio 2009.

Descripción			Enero de 2001		Octubre de 2005		Julio de 2009	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
1	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 1	Oriente	194	-	186	1.69	173	3.47
		Poniente	198	-	192	1.26	183	2.4
		Arriba	172	-	150	4.63	128	5.87
		Abajo	210	-	190	4.21	180	2.67
2	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 2	Oriente	236	-	226	2.11	185	10.94
		Poniente	217	-	209	1.69	148	16.27
		Fuera (Codo)	240	-	231	1.9	158	19.48
		Dentro (Garganta)	218	-	211	1.47	152	15.74
3	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 3	Norte	199	-	191	1.69	180	2.93
		Sur	223	-	211	2.53	179	8.54
		Oriente	172	-	161	2.32	140	5.6
		Poniente	225	-	210	3.16	190	5.34
4	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 4	Norte	215	-	206	1.9	180	6.94
		Sur	212	-	195	3.58	184	2.93
		Oriente	200	-	193	1.47	180	3.47
		Poniente	211	-	201	2.11	193	2.13
5	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 5	Oriente	194	-	180	2.95	161	5.07
		Poniente	219	-	201	3.79	188	3.47
		Fuera (Codo)	173	-	163	2.11	144	5.07
		Dentro (Garganta)	210	-	190	4.21	166	6.4
6	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 6	Oriente	164	-	155	1.9	148	1.87
		Poniente	188	-	170	3.79	152	4.8
		Arriba	183	-	171	2.53	158	3.47
		Abajo	204	-	185	4	166	5.07
7	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 7	Oriente	203	-	170	6.95	143	7.2
		Poniente	210	-	201	1.9	188	3.47
		Fuera (Codo)	189	-	168	4.42	161	1.87
		Dentro (Garganta)	221	-	193	5.9	181	3.2

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 9. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Enero 2001 a Julio 2009 (continuación).

Descripción			Enero de 2001		Octubre de 2005		Julio de 2009	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
8	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 8	Norte	225	-	217	1.69	193	6.4
		Sur	227	-	221	1.26	202	5.07
		Oriente	220	-	216	0.84	203	3.47
		Poniente	229	-	227	0.42	216	2.93
9	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 9	Oriente	196	-	183	2.74	177	1.6
		Poniente	207	-	196	2.32	190	1.6
		Fuera (Codo)	194	-	186	1.69	179	1.87
		Dentro (Garganta)	221	-	214	1.47	205	2.4
10	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 10	Norte	210	-	194	3.37	182	3.2
		Sur	200	-	197	0.63	188	2.4
		Arriba	190	-	181	1.9	176	1.33
		Abajo	190	-	179	2.32	161	4.8
11	Diámetro: 3" Espesor nominal: 216 Límite de retiro: 100 Tipo: Tubería Nivel 11	Norte	194	-	185	1.9	181	1.07
		Sur	196	-	193	0.63	185	2.13
		Oriente	167	-	150	3.58	130	5.34
		Poniente	230	-	227	0.63	199	7.47
12	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Te/Injerto Nivel 12	Norte	220	-	216	0.84	211	1.33
		Sur	211	-	204	1.47	188	4.27
		Arriba	211	-	206	1.05	187	5.07
		Obstrucción	-	-	-	-	-	-
13	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 13	Arriba	236	-	206	6.32	172	9.07
		Abajo	217	-	196	4.42	160	9.6
		Fuera (Codo)	240	-	197	9.06	167	8
		Dentro (Garganta)	218	-	195	4.84	176	5.07
14	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 14	Oriente	199	-	187	2.53	171	4.27
		Poniente	183	-	181	0.42	175	1.6
		Arriba	193	-	183	2.11	177	1.6
		Abajo	190	-	185	1.05	172	3.47

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 9. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Enero 2001 a Julio 2009 (continuación).

Descripción			Enero de 2001		Octubre de 2005		Julio de 2009	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
15	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 15	Oriente	195	-	190	1.05	182	2.13
		Poniente	212	-	199	2.74	179	5.34
		Fuera (Codo)	191	-	184	1.47	175	2.4
		Dentro (Garganta)	197	-	190	1.47	177	3.47
16	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 16	Norte	174	-	167	1.47	157	2.67
		Sur	199	-	191	1.69	190	0.27
		Oriente	200	-	182	3.79	177	1.33
		Poniente	189	-	187	0.42	176	2.93

Después del emplazamiento se calculó la velocidad de desgaste puntual, obteniendo resultados de Agosto de 2009 a Noviembre de 2013 mostrados en la tabla 10.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 10. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Agosto de 2009 a Noviembre 2013.

Descripción			Agosto de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
1	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 1	Oriente	236	-	224	2.82
		Poniente	236	-	220	3.77
		Arriba	217	-	213	0.94
		Abajo	224	-	221	0.71
2	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 2	Oriente	259	-	249	2.35
		Poniente	263	-	252	2.59
		Fuera (Codo)	259	-	255	0.94
		Dentro (Garganta)	315	-	299	3.77
3	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 3	Norte	276	-	263	3.06
		Sur	271	-	265	1.41
		Oriente	264	-	261	0.71
		Poniente	275	-	270	1.18
4	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 4	Norte	224	-	217	1.65
		Sur	226	-	220	1.41
		Oriente	239	-	224	3.53
		Poniente	228	-	220	1.88
5	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 5	Oriente	289	-	259	7.06
		Poniente	283	-	260	5.41
		Fuera (Codo)	255	-	251	0.94
		Dentro (Garganta)	306	-	302	0.94
6	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 6	Oriente	253	-	229	5.65
		Poniente	233	-	231	0.47
		Arriba	231	-	220	2.59
		Abajo	231	-	221	2.35
7	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 7	Oriente	279	-	276	0.71
		Poniente	254	-	250	0.94
		Fuera (Codo)	265	-	260	1.18
		Dentro (Garganta)	273	-	254	4.47

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 10. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Agosto de 2009 a Noviembre 2013 (continuación).

Descripción			Agosto de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
8	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 8	Norte	234	-	229	1.18
		Sur	250	-	239	2.59
		Oriente	223	-	220	0.71
		Poniente	233	-	230	0.71
9	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 9	Oriente	277	-	268	2.12
		Poniente	284	-	270	3.29
		Fuera (Codo)	257	-	251	1.41
		Dentro (Garganta)	288	-	269	4.47
10	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 10	Norte	246	-	230	3.77
		Sur	234	-	231	0.71
		Arriba	239	-	228	2.59
		Abajo	257	-	240	4
11	Diámetro: 3" Espesor nominal: 216 Límite de retiro: 100 Tipo: Tubería Nivel 11	Norte	209	-	200	2.12
		Sur	216	-	204	2.82
		Oriente	221	-	210	2.59
		Poniente	217	-	215	0.47
12	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Te/Injerto Nivel 12	Norte	235	-	228	1.65
		Sur	238	-	230	1.88
		Arriba	241	-	232	2.12
		Obstrucción	-	-	-	-
13	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 13	Arriba	277	-	265	2.82
		Abajo	270	-	261	2.12
		Fuera (Codo)	230	-	224	1.41
		Dentro (Garganta)	298	-	290	1.88
14	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 14	Oriente	231	-	230	0.24
		Poniente	246	-	242	0.94
		Arriba	243	-	235	1.88
		Abajo	242	-	231	2.59

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Tabla 10. Resultados de la velocidad de desgaste puntual para niveles de tubería de la UC-PPC-032 de Agosto de 2009 a Noviembre 2013 (continuación).

Descripción			Agosto de 2009		Noviembre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
15	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Codo Nivel 15	Oriente	268	-	255	3.06
		Poniente	264	-	251	3.06
		Fuera (Codo)	263	-	259	0.94
		Dentro (Garganta)	259	-	254	1.18
16	Diámetro: 4" Espesor nominal: 237 Límite de retiro: 120 Tipo: Tubería Nivel 16	Norte	231	-	222	2.12
		Sur	235	-	230	1.18
		Oriente	241	-	235	1.41
		Poniente	223	-	212	2.59

La figura 15 muestra los puntos normales (entre 0 a 10 mpa), los puntos de atención (entre 10 a 15 mpa) y los puntos críticos (mayores a 15 mpa).

Se observan niveles críticos y de atención en el nivel 2 y con espesores cercanos al límite de retiro, por lo que se realizó el emplazamiento en Julio de 2009.

Para Noviembre de 2013 todos los puntos tienen velocidades de desgaste normales.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

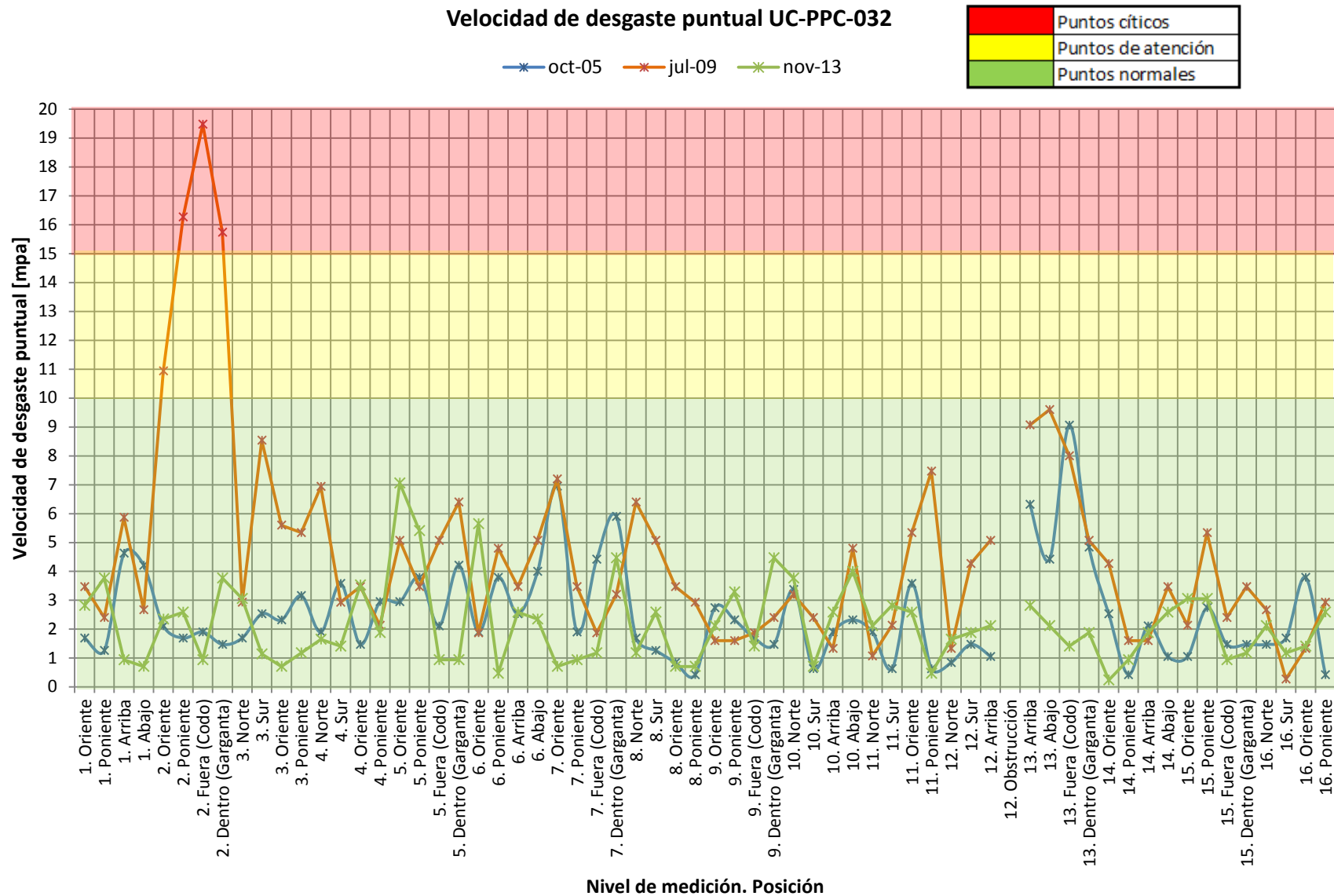


Figura 15. Velocidad de desgaste puntual de la UC-PPC-032.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Para la unidad de control del circuito Domo DA-100, UC-PPC-044, se tienen expedientes de medición de espesores en las fechas:

- Julio de 2009.
- Agosto de 2011
- Octubre de 2013.

Con base en estas fechas se determinó la velocidad de desgaste puntual que se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Resultados de la velocidad de desgaste de niveles de tubería de la UC-PPC-044.

Descripción			Julio de 2009		Agosto de 2011		Octubre de 2013	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]	Espesor [mils]	Velocidad de desgaste [mpa]
1	Diámetro: 16" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 1	Oriente	369	-	360	4.32	353	3.23
		Poniente	370	-	354	7.68	337	7.84
		Arriba	380	-	372	3.84	366	2.77
		Abajo	323	-	317	2.88	310	3.23
2	Diámetro: 16" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Codo Nivel 2	Arriba	302	-	293	4.32	284	4.15
		Abajo	332	-	305	12.96	291	6.46
		Fuera (Codo)	314	-	299	7.2	274	11.53
		Dentro (Garganta)	382	-	370	5.76	362	3.69
3	Diámetro: 16" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 3	Norte	331	-	327	1.92	312	6.92
		Sur	340	-	336	1.92	328	3.69
		Arriba	327	-	324	1.44	304	9.22
		Abajo	320	-	310	4.8	277	15.22
4	Diámetro: 16" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Codo Nivel 4	Norte	411	-	409	0.96	400	4.15
		Sur	375	-	368	3.36	362	2.77
		Fuera (Codo)	319	-	301	8.64	289	5.53
		Dentro (Garganta)	360	-	348	5.76	331	7.84
5	Diámetro: 16" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 5	Norte	322	-	315	3.36	310	2.31
		Sur	359	-	350	4.32	335	6.92
		Oriente	321	-	312	4.32	308	1.84
		Poniente	338	-	327	5.28	320	3.23
6	Diámetro: 16" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 6	Norte	328	-	325	1.44	304	9.68
		Sur	322	-	317	2.4	305	5.53
		Oriente	311	-	304	3.36	298	2.77
		Poniente	318	-	311	3.36	307	1.84
7	Diámetro: 16" Espesor nominal: 375 Límite de retiro: 190 Tipo: Tubería Nivel 7	Norte	341	-	333	3.84	330	1.38
		Sur	316	-	311	2.4	301	4.61
		Oriente	319	-	313	2.88	309	1.84
		Poniente	323	-	314	4.32	311	1.38

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la figura 16 se muestra el nivel 2. Abajo y 2. Fuera con velocidad puntual de atención y el nivel 3. Abajo con velocidad puntual crítica.

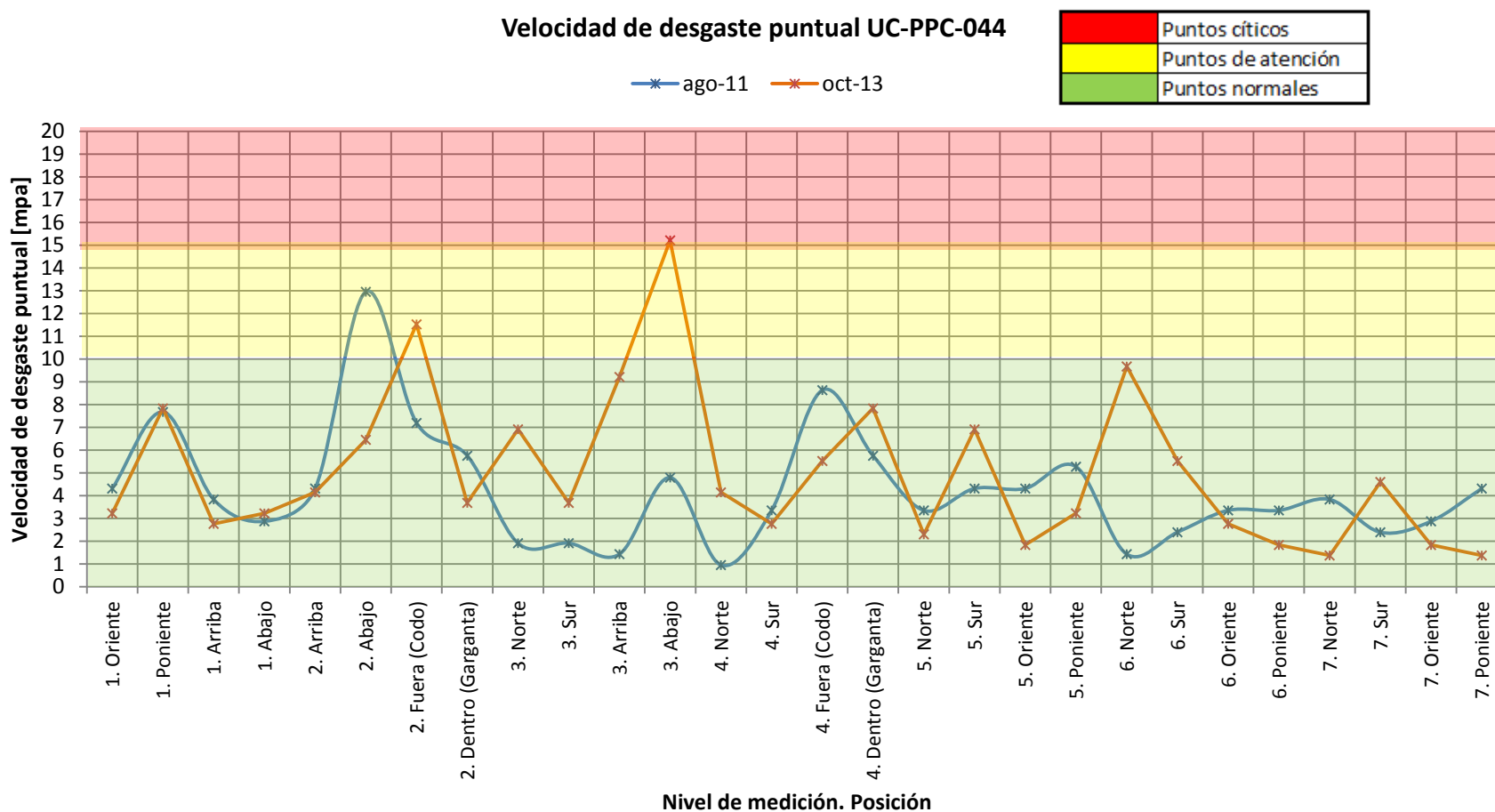


Figura 16. Velocidad de desgaste puntual de la UC-PPC-044.

3.4. Cálculo de la velocidad de desgaste promedio

Es el promedio que se tiene con respecto a las velocidades de desgaste puntual obtenidas en la unidad de control. Para calcular este valor se utiliza la ecuación 3.

$$D_{prom} = \frac{d1 + d2 + d3 + \dots + dn}{n} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- Dprom= Promedio aritmético de las velocidades de desgaste puntual [mpa].
- n= Número total de valores de velocidades de desgaste que intervienen en el cálculo.
- d1, d2, d3, ..., dn= Velocidades de desgaste correspondientes a cada punto de la línea considerada [mpa].

Para la UC-PPC-014 se calculó la Dprom con los resultados de la velocidad de desgaste puntual, obteniendo los resultados reportados en la tabla 12.

Tabla 12. Velocidad de desgaste promedio de la UC-PPC-014.

UC-PPC-014			
Inspección	Octubre de 2005	Junio de 2009	Noviembre de 2013
Dprom en todos los niveles [mpa]	--	3.8	3.4
Dprom en niveles críticos [mpa]	--	13.5	--
Dprom en la niplería 1 [mpa]	--	0.1	1.4

Para los niveles normales disminuyó la velocidad de desgaste promedio. La velocidad de desgaste en el nivel crítico obtuvo un valor de 13.5 mpa que se fijó en el nivel 9. En la niplería casi no se presentó desgaste en el primer año en que se realizó la medición, pero aumentó su velocidad de desgaste para el segundo año.

Para la UC-PPC-032 se calculó la Dprom con los resultados de la velocidad de desgaste puntual, obteniendo los resultados reportados en la tabla 13.

Tabla 13. Velocidad de desgaste promedio de la UC-PPC-032.

UC-PPC-032					
Inspección	Enero de 2001	Octubre de 2005	Julio de 2009	Agosto de 2009	Noviembre de 2013
Dprom en todos los niveles [mpa]	--	2.5	4.6	--	2.2
Dprom en niveles críticos [mpa]	--	--	9.6	--	--

Antes del emplazamiento en Julio de 2009 se presentó una tendencia de aumento de la velocidad de desgaste promedio. La velocidad de desgaste promedio se calculó con base en los niveles críticos 1 y 2.

Para Noviembre de 2013 se tiene una velocidad de desgaste normal a lo largo de la unidad de control y no presenta puntos críticos.

Para la UC-PPC-044 se calculó la Dprom con los resultados de la velocidad de desgaste puntual, obteniendo los resultados reportados en la tabla 14.

Tabla 14. Velocidad de desgaste promedio de la UC-PPC-044.

UC-PPC-044			
Inspección	Julio de 2009	Agosto de 2011	Octubre de 2013
Dprom en todos los niveles [mpa]	--	4.3	5.1
Dprom en niveles críticos [mpa]	--	--	8.8

La tabla 14 muestra una tendencia de aumento en la velocidad de desgaste promedio. En Octubre de 2013 se presentó criticidad en el nivel 3, por lo que se calculó su velocidad de desgaste promedio con base en este nivel.

3.5. Cálculo de la velocidad de desgaste ajustada estadísticamente

Es un ajuste estadístico que se realiza para obtener el máximo desgaste de una unidad de control, con grado de confiabilidad del 90%, este valor se calcula con la ecuación 4.

$$D_{\text{máx}} = D_{\text{prom}} + 1.28 \frac{D_{\text{prom}}}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. 4}$$

La función estadística se describe en la ecuación 5.

$$D_{\text{máx}} = D_{\text{prom}} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde

$D_{\text{máx}}$ = Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente [mpa].

D_{prom} = Velocidad de desgaste promedio [mpa].

n = Número total de valores de velocidades de desgaste que intervienen en el cálculo.

S = Desviación estándar [mpa].

$t_{\alpha/2}$ = Constante proveniente de tablas que está en función del número de grados de libertad ($v=n-1$) y del nivel de significatividad, α , variable $(1-\alpha/2)$ [%] se le conoce como nivel de confianza.

Para este cálculo se discriminan valores de espesores no significativos, por ejemplo, valores entre dos fechas consecutivas que excedan en más del 5% de la calibración anterior. Los valores que tengan un incremento de espesor con respecto a la medición anterior de 0 a 5% tendrán una velocidad de desgaste igual a cero.

Como es el caso del nivel 9 (tee) de la UC-PPC-014, la cual presentó un 20% o más del valor del espesor original por lo que estos valores fueron discriminados para el cálculo.

Para la UC-PPC-014 se realizó el ajuste estadístico obteniendo los resultados mostrados en la tabla 15.

Tabla 15. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-014.

UC-PPC-014			
Inspección	Octubre de 2005	Junio de 2009	Noviembre de 2013
$D_{\text{máx}}$ en todos los niveles[mpa]	--	4.3	3.8
$D_{\text{máx}}$ en niveles críticos[mpa]	--	25.4	--
$D_{\text{máx}}$ en la niplería 1 [mpa]	--	0.3	2.5

En la figura 17 se muestra la tendencia similar de la velocidad de desgaste ajustada en los niveles normales. En Junio de 2009 se muestra una velocidad de desgaste crítica que posiblemente se dió por una mala medición en la inspección de Octubre de 2005. En Noviembre de 2013 no se obtuvieron niveles críticos.

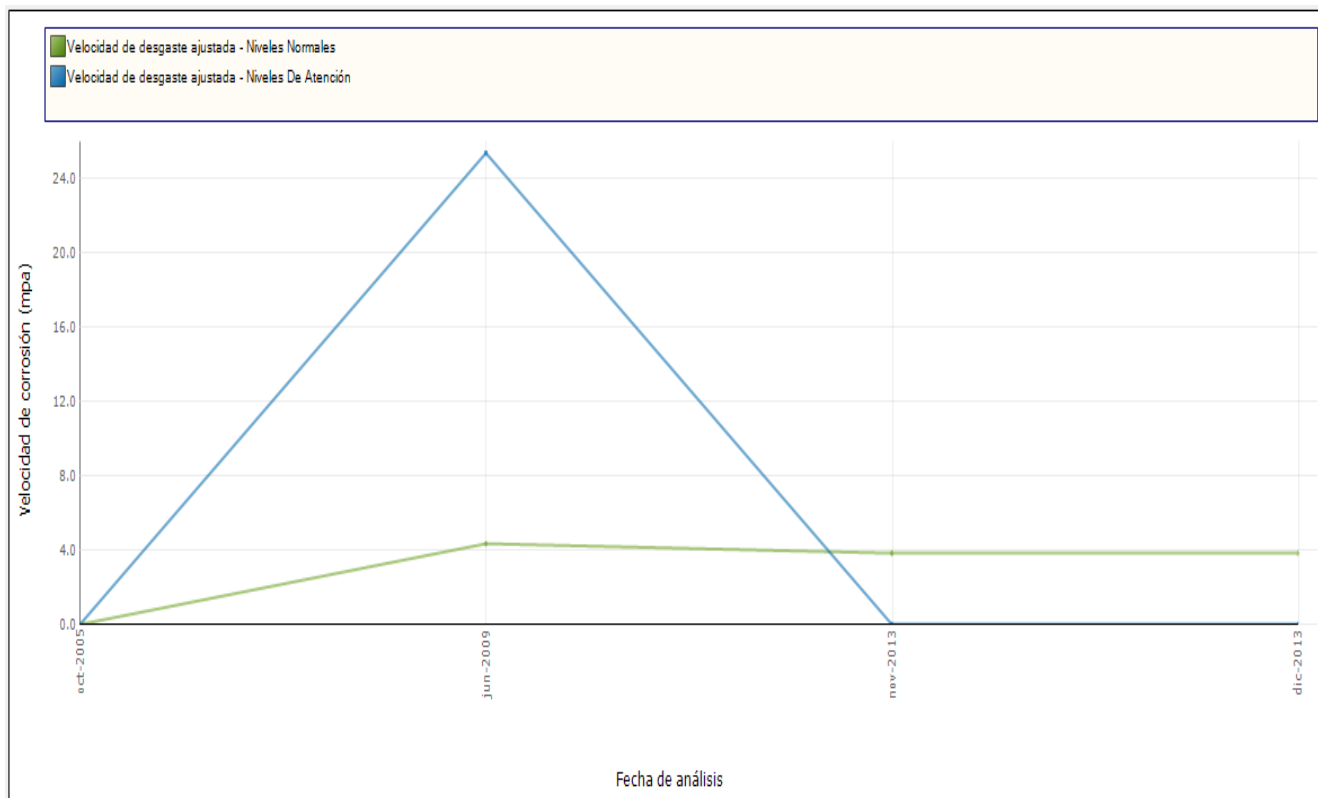


Figura 17. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-014.

Para la UC-PPC-032 se realizó el ajuste estadístico obteniendo los resultados mostrados en la tabla 16.

Tabla 16. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-032.

UC-PPC-032					
Inspección	Enero de 2001	Octubre de 2005	Julio de 2009	Agosto de 2009	Noviembre de 2013
Dmáx en todos los niveles[mpa]	--	2.9	5.4	--	2.5
Dmáx en niveles críticos[mpa]	--	--	14	--	--

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la figura 18 se muestra la tendencia de la velocidad de desgaste del primer análisis de Enero de 2001 a Julio de 2009, en los niveles normales, así como en los niveles críticos de la UC-PPC-032.

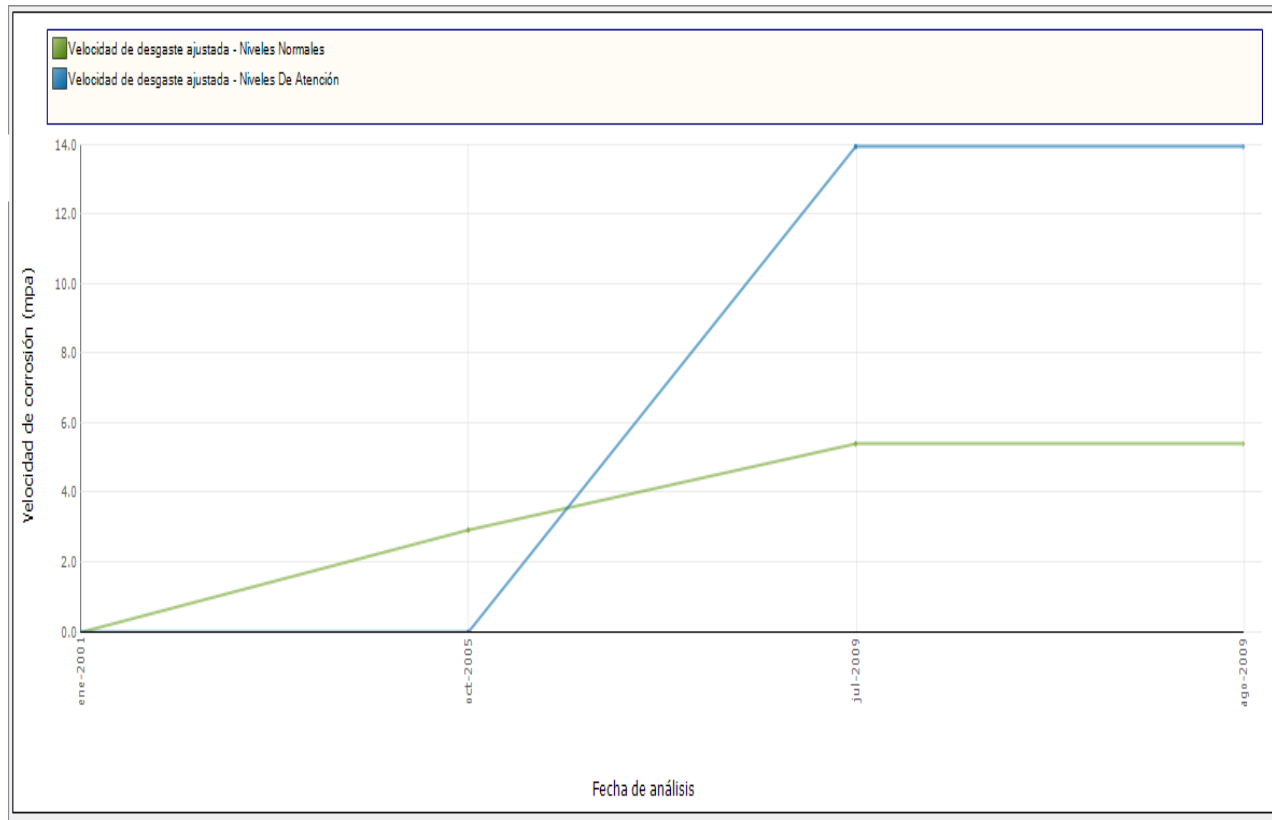


Figura 18. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-032 en el primer análisis.

Se muestra una tendencia en aumento para los niveles normales, el emplazamiento se dio por la presencia de niveles críticos, con velocidades de desgaste ajustadas altas.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



En la figura 19 se muestra la tendencia de la velocidad de desgaste del segundo análisis de Agosto de 2009 a Noviembre de 2013, en los niveles normales, así como en los niveles críticos de la UC-PPC-032.

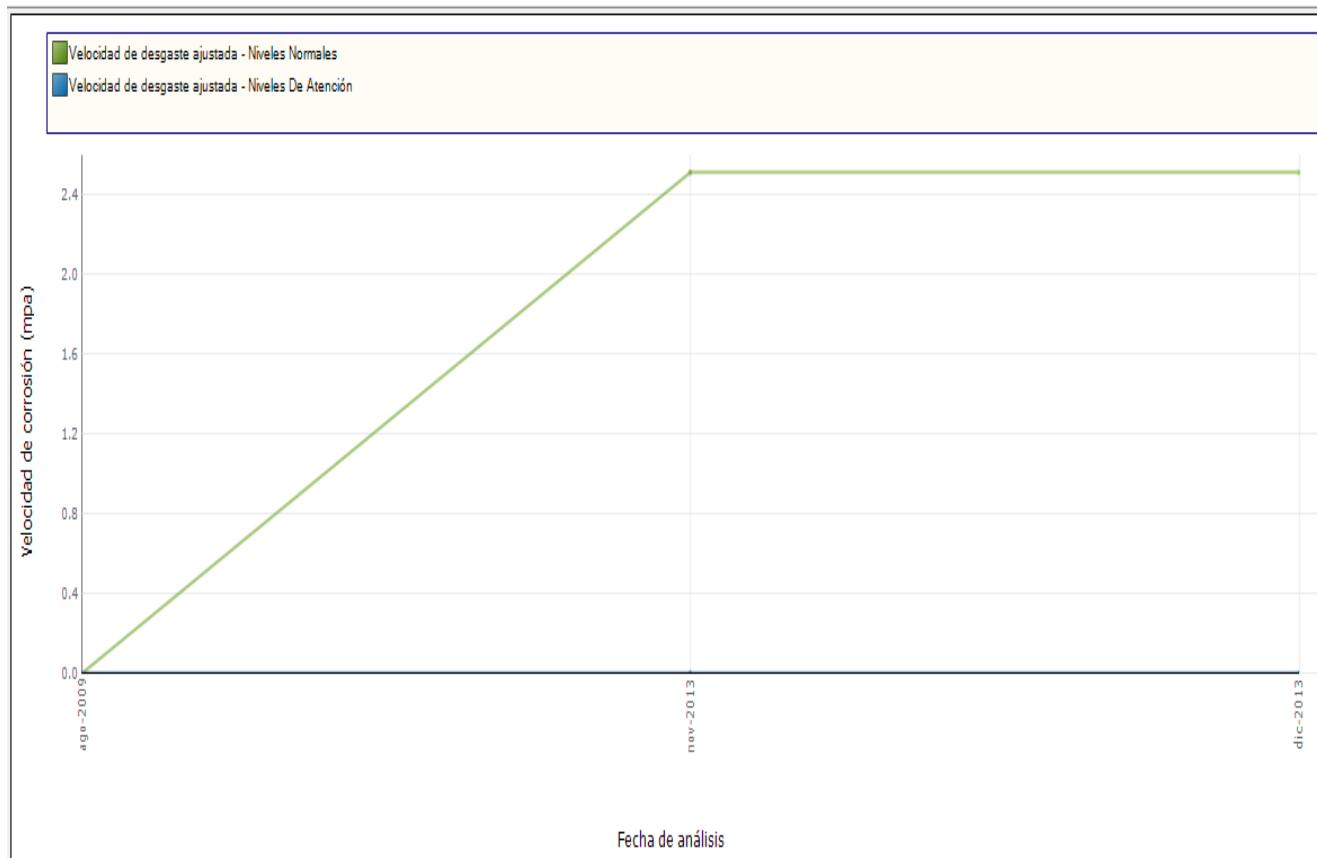


Figura 19. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-032 en el segundo análisis.

No se observan niveles críticos y se mantiene una velocidad de desgaste normal, en comparación con inspecciones anteriores y antes del emplazamiento se tiene una velocidad de desgaste ajustada menor.

Para la UC-PPC-044 se realizó el ajuste estadístico obteniendo los resultados mostrados en la tabla 17.

Tabla 17. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-044.

UC-PPC-044			
Inspección	Julio de 2009	Agosto de 2011	Octubre de 2013
Dmáx en todos los niveles[mpa]	--	4.9	5.9
Dmáx en niveles críticos[mpa]	--	--	15.2

En la figura 20 se muestra la tendencia de la velocidad de desgaste en los niveles normales, así como de los niveles críticos de la UC-PPC-044.

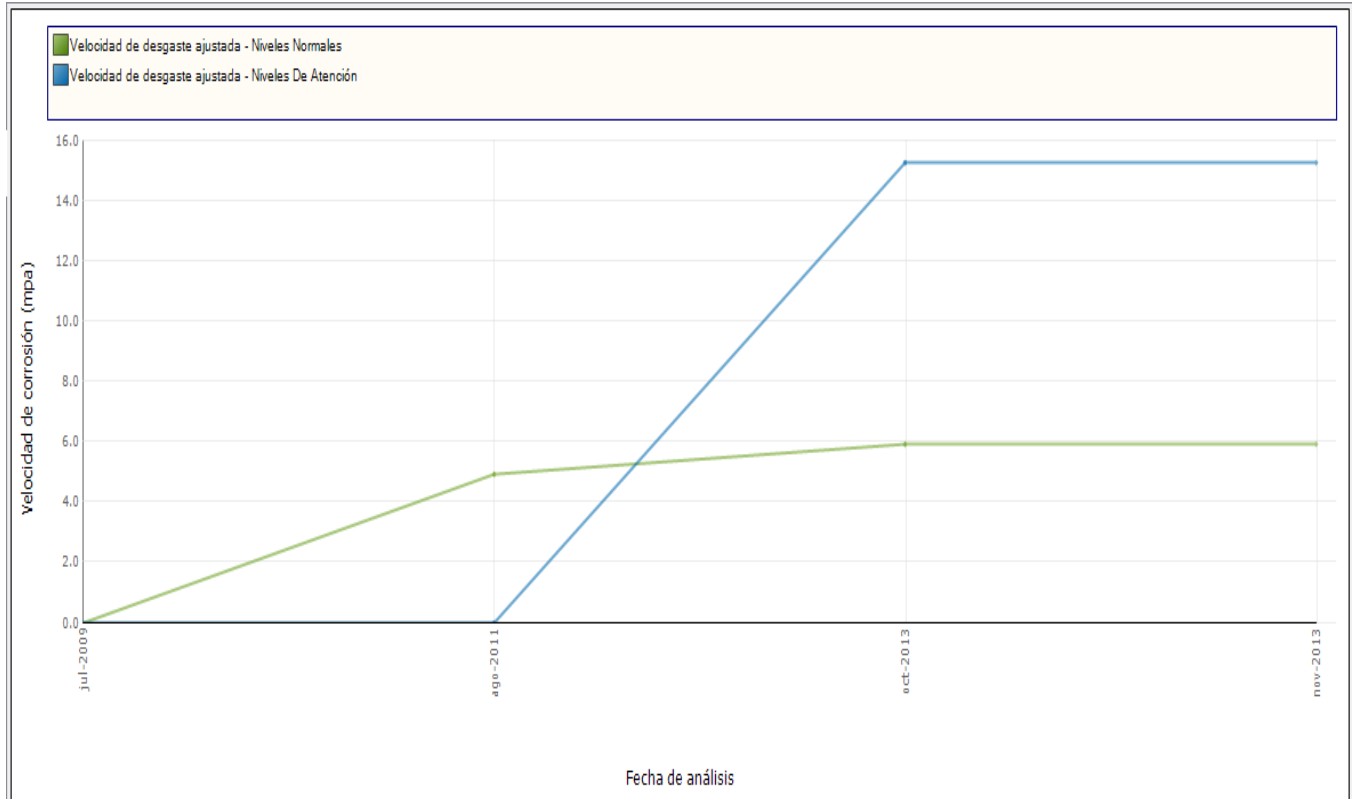


Figura 20. Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente de la UC-PPC-044.

Esta unidad de control en comparación con las otras dos, presenta una velocidad de desgaste mayor tanto en los puntos normales como en los críticos.

3.6. Determinación de la vida útil de las unidades de control

La vida útil estimada es el tiempo supuesto que debe transcurrir antes de que la unidad de control llegue a su límite de retiro, dicha determinación se calcula con la ecuación 6.

$$VUE = \frac{ek - Lr}{Dmáx} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde

VUE= Vida útil estimada [años].

ek= Mínimo espesor encontrado durante la inspección [mils].

Lr= Límite de retiro [mils].

Dmáx= Velocidad de desgaste ajustada estadísticamente [mpa].

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Se reportan los resultados del cálculo de la vida útil estimada (VUE) para las diferentes unidades de control.

Para la UC-PPC-014 los resultados obtenidos se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Vida útil estimada de la UC-PPC-014.

UC-PPC-014			
Inspección	Octubre de 2005	Junio de 2009	Noviembre de 2013
VUE en todos los niveles [años]	--	4.9	2.1
VUE en niveles críticos [años]	--	1.7	--
VUE en niplería 1 [años]	--	500	30.6

Los cálculos se hicieron con respecto al espesor mínimo encontrado, en este caso fue para Junio de 2009 el nivel 6. Norte (201 mils) y para Noviembre de 2013 el nivel 6. Poniente (189 mils). Se debe de considerar emplazar esta unidad de control debido a que su vida útil está por terminar.

El cálculo en los niveles críticos dio una vida útil estimada más corta debido a que se llevo a cabo una mala medición en la inspección de octubre de 2005, ya que para la inspección de Noviembre de 2013 ya no se presentaron niveles críticos.

La niplería dio una vida útil estimada muy larga, debido a que su desgaste es mínimo.

Para la UC-PPC-032 los resultados obtenidos se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Vida útil estimada de la UC-PPC-032.

UC-PPC-032					
Inspección	Enero de 2001	Octubre de 2005	Julio de 2009	Agosto de 2009	Noviembre de 2013
VUE en todos los niveles [años]	--	10.3	1.5 (emplazar)	--	36.7
VUE en niveles críticos [años]	--	--	0.6 (emplazar)	--	--

Ésta unidad de control mandó a emplazar en Julio de 2009 porque la norma DG-SASIPA-IT-0204^[2] menciona que para realizar un emplazamiento la vida útil estimada debe de ser menor o igual a 1.5 años.

Para la UC-PPC-044 los resultados obtenidos se presentan en la tabla 20.

Tabla 20. Vida útil estimada de la UC-PPC-044.

UC-PPC-044			
Inspección	Julio de 2009	Agosto de 2011	Octubre de 2013
VUE en todos los niveles [años]	--	21.1	14.3
VUE en niveles críticos [años]	--	--	5.7

Se observa una vida útil estimada menor, ya que ésta unidad de control fue reparada y emplazada en Agosto de 2005, y en comparación con las demás unidades de control se tiene un desgaste mayor, por lo que es de vital importancia darle un mayor seguimiento.

3.7. Determinación de la fecha de próxima medición de espesores

Es la fecha en la cual debe efectuarse la siguiente medición de espesores de la unidad de control, de acuerdo al análisis, se calcula con la ecuación 7.

$$FPME = fk + \frac{VUE}{3} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde

FPME= Fecha de próxima medición de espesores.

fk= Fecha de la medición que se está analizando.

VUE= Vida útil estimada [años].

La fecha de próxima medición será la que resulte más cercana para los distintos diámetros que integren la unidad de control.

Para la UC-PPC-014 se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 21.

Tabla 21. Fecha de próxima medición de espesores de la UC-PPC-014.

UC-PPC-014			
Inspección	Octubre de 2005	Junio de 2009	Noviembre de 2013
FPME en todos los niveles	Octubre de 2006	Enero de 2011	Noviembre de 2014
FPME en niveles críticos	--	Junio de 2010	--
FPME en la niplería 1	--	Junio de 2014	Noviembre de 2018

Para la UC-PPC-032 se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 22.

Tabla 22. Fecha de próxima medición de espesores de la UC-PPC-032.

UC-PPC-032					
Inspección	Enero de 2001	Octubre de 2005	Julio de 2009	Agosto de 2009	Noviembre de 2013
FPME en todos los niveles	Enero de 2002	Marzo de 2009	Julio de 2010	Agosto de 2010	Noviembre de 2018
FPME en niveles críticos	--	--	Julio de 2010	--	--

Para la UC-PPC-044 se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 23.

Tabla 23. Fecha de próxima medición de la UC-PPC-044.

UC-PPC-044			
Inspección	Julio de 2009	Agosto de 2011	Octubre de 2013
FPME en todos los niveles	Julio de 2010	Julio de 2016	Julio de 2018
FPME en niveles críticos	--	--	Agosto de 2015

Con las fechas de próxima medición de espesores de las unidades de control se puede programar con anticipación un plan de mantenimiento preventivo, pero también hacer un plan de inspección sobre las mediciones de espesores en puntos normales y críticos.

3.8. Determinación de la fecha de retiro probable

Es la fecha en la cual se estima se debe retirar la unidad de control, por haber llegado al término de su vida útil, este valor se calcula con la ecuación 8.

$$FRP = fk + VUE \quad \text{Ec. 8}$$

Donde

FRP= Fecha de retiro probable.

fk= Fecha de la medición que se está analizando.

VUE= Vida útil estimada [años].

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Para la UC-PPC-014 se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 24.

Tabla 24. Fecha de retiro probable de la UC-PPC-014.

UC-PPC-014			
Inspección	Octubre de 2005	Junio de 2009	Noviembre de 2013
FRP en todos los niveles	--	Abril de 2014	Diciembre de 2015
FRP en niveles críticos	--	Febrero de 2011	--
FRP para la niplería 1	--	Junio de 2109	Junio de 2044

Para la UC-PPC-032 se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 25.

Tabla 25. Fecha de retiro probable de la UC-PPC-032

UC-PPC-032					
Inspección	Enero de 2001	Octubre de 2005	Julio de 2009	Agosto de 2009	Noviembre de 2013
FRP en todos los niveles	--	Enero de 2016	Diciembre de 2010	--	Julio de 2050
FRP en niveles críticos	--	--	Enero de 2010	--	--

Para la UC-PPC-044 se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 26.

Tabla 26. Fecha de retiro probable de la UC-PPC-044.

UC-PPC-044			
Inspección	Julio de 2009	Agosto de 2011	Octubre de 2013
FRP en todos los niveles	--	Septiembre de 2032	Enero de 2028
FRP en niveles críticos	--	--	Junio de 2019

La unidad de control UC-PPC-014 presentó la fecha de retiro probable más cercana, por lo que se debe considerar poner atención en los puntos con espesores cercanos al límite de retiro y también emplazar la unidad de control dentro de un corto plazo para evitar incidentes.

En cuanto a la unidad de control UC-PPC-032 da una fecha de retiro probable más lejana en Julio de 2050 debido a que se emplazó en Julio de 2009.

La unidad de control UC-PPC-044 presentó un desgaste mayor en comparación con las demás unidades de control, se obtuvo una vida útil menor por

lo que la fecha de retiro probable se estableció en Enero de 2028 y para los puntos críticos en Junio de 2019.

3.9. Análisis comparativo del desgaste entre las unidades de control

El análisis comparativo se realizó en las unidades de control con el mismo material y diferentes servicios o fracciones de la torre de destilación al vacío.

En la figura 21 se muestra una comparación de la velocidad de desgaste promedio con base en la inspección de 2013.

Se encontraron velocidades de desgaste mayores en la unidad de control del domo de la torre de vacío (UC-PPC-044), posteriormente la unidad de gasóleo ligero (UC-PPC-014) y gasóleo pesado (UC-PPC-032).

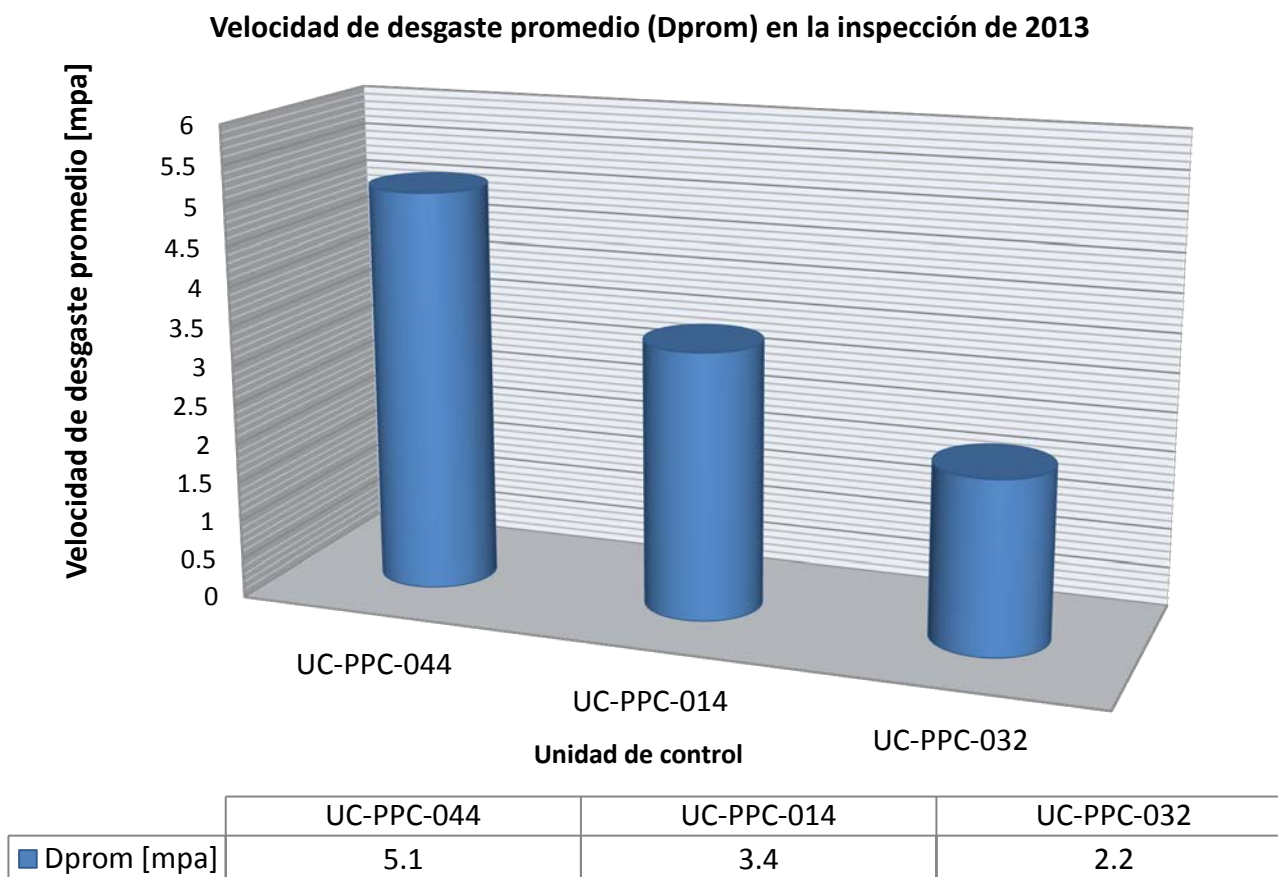


Figura 21. Comparación entre la velocidad de desgaste promedio en la inspección de 2013.

En la figura 22 se muestra una comparación de la velocidad de desgaste ajustada estadísticamente con base en la inspección de 2013.

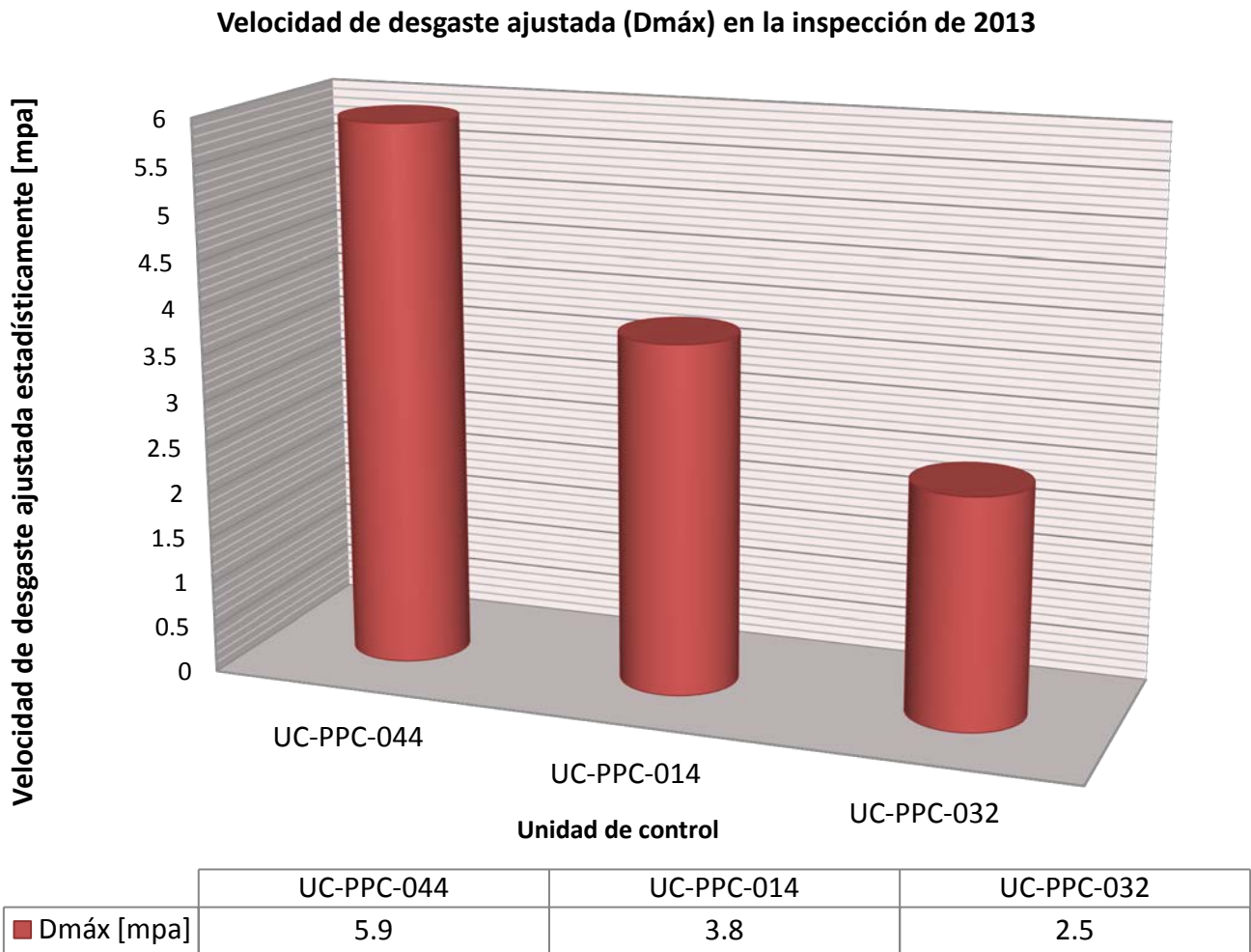


Figura 22. Comparación entre la velocidad de desgaste ajustada estadísticamente en la inspección de 2013.

El análisis del desgaste por posición de medición de la unidad de control UC-PPC-014 del nivel 1 al 7 se muestra en la figura 23, donde se observó un desgaste mayor en los niveles 1, 2, 3, 6 y 7.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

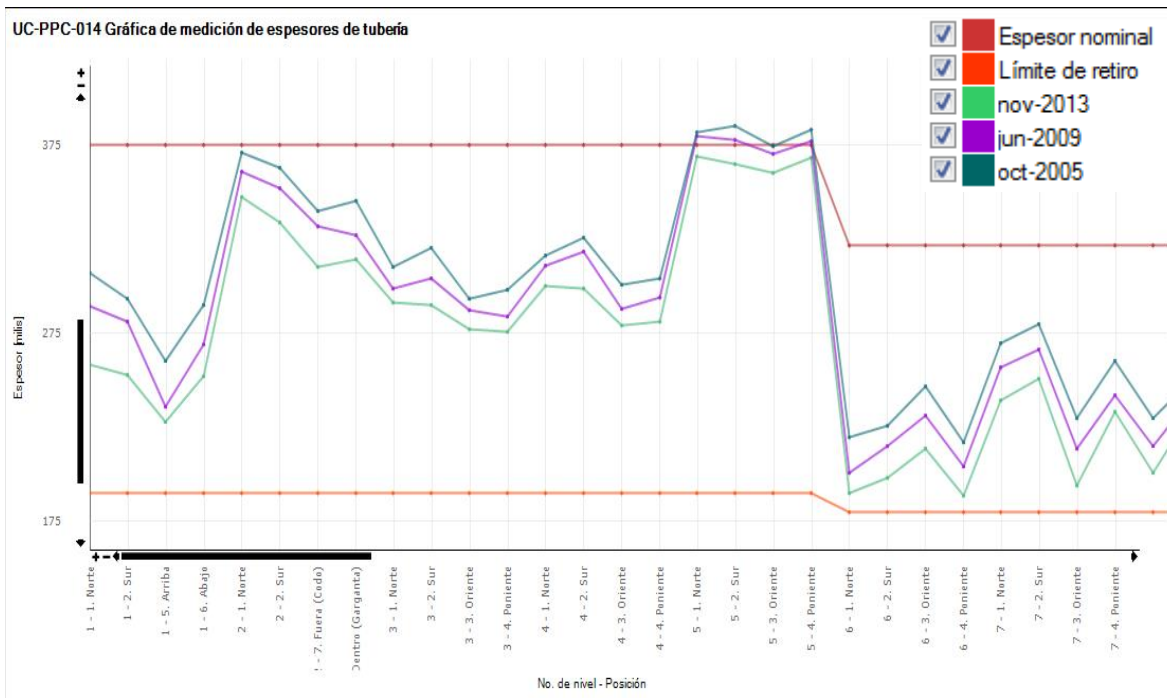


Figura 23. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 1 al 7).

El desgaste por posición de medición del nivel 8 al 14 se muestra en la figura 24, se observó un desgaste mayor en los niveles 8, 9 10 y 13. El nivel 14 es una tee, donde las mediciones están por arriba del espesor original.

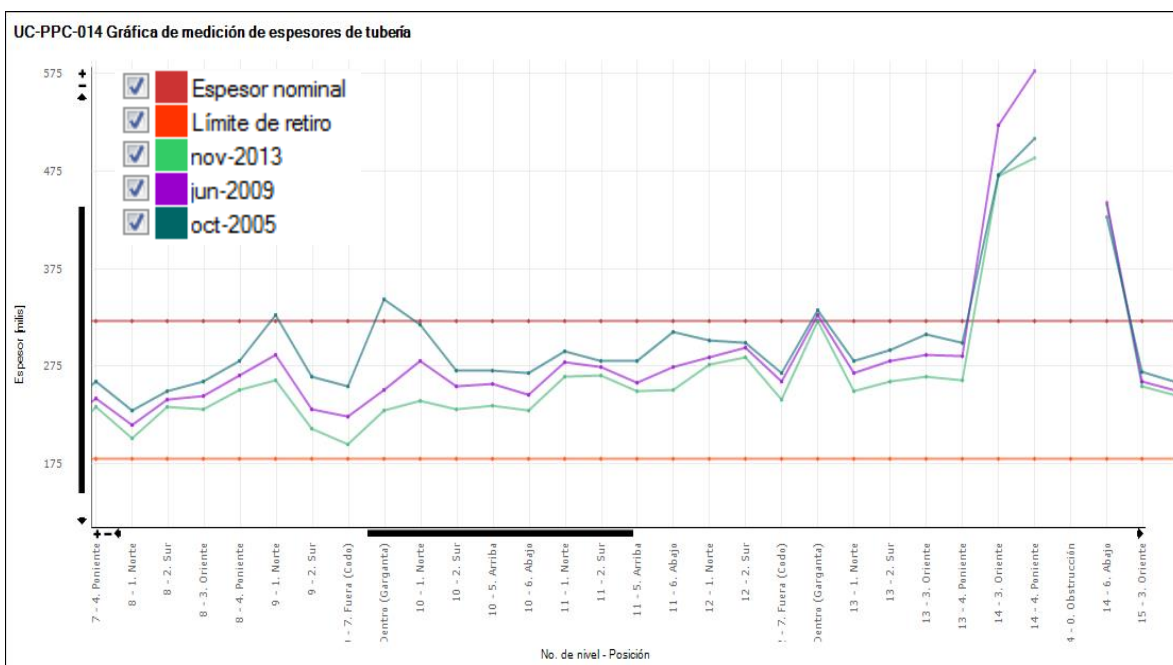


Figura 24. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 8 al 14).

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



El desgaste por posición de medición del nivel 15 al 21 se muestra en la figura 25, se observó un desgaste mayor en los niveles 15, 16, 17, 19, 20 y 21.

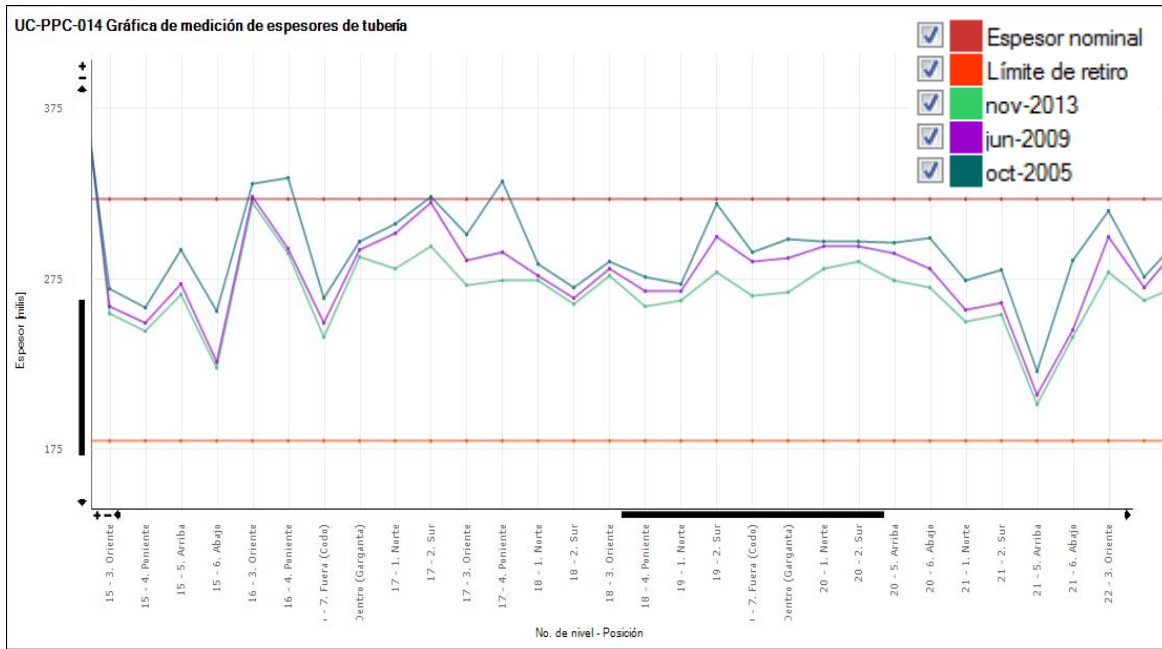


Figura 25. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 15 al 21).

El desgaste por posición de medición del nivel 22 al 28 se muestra en la figura 26, puede observarse un desgaste considerable en todos los niveles, y en específico en el nivel 25.

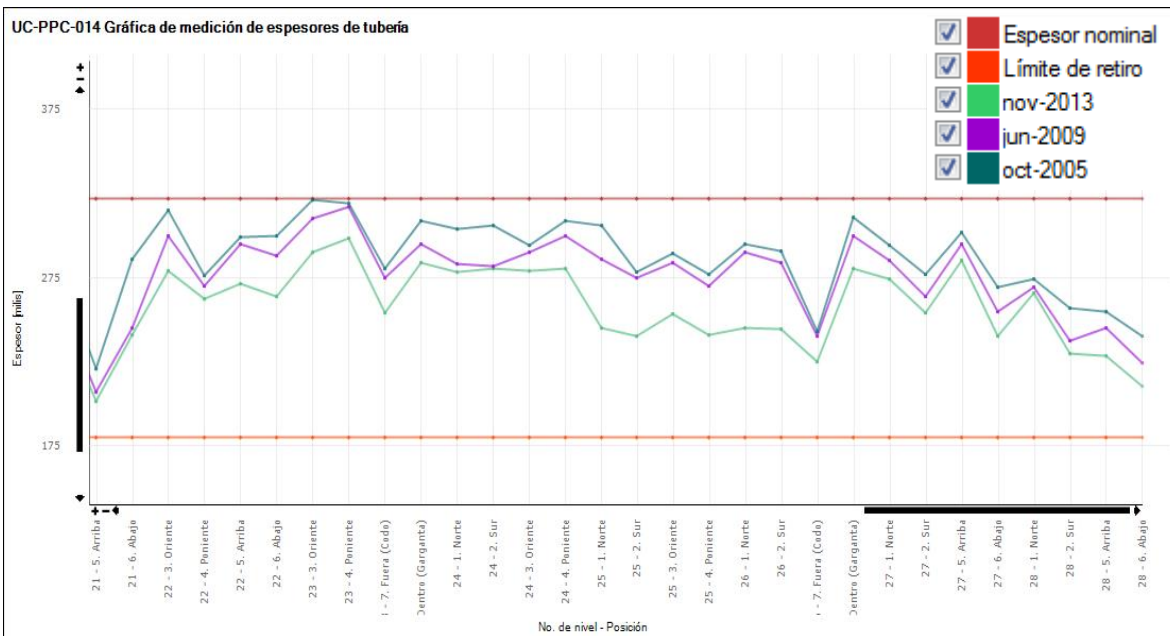


Figura 26. Desgaste de la UC-PPC-014 (Niveles 22 al 28).

El desgaste de la niplería 1 se dio principalmente en las dos posiciones de la base, en el cople el desgaste es mínimo como se observa en la figura 27.

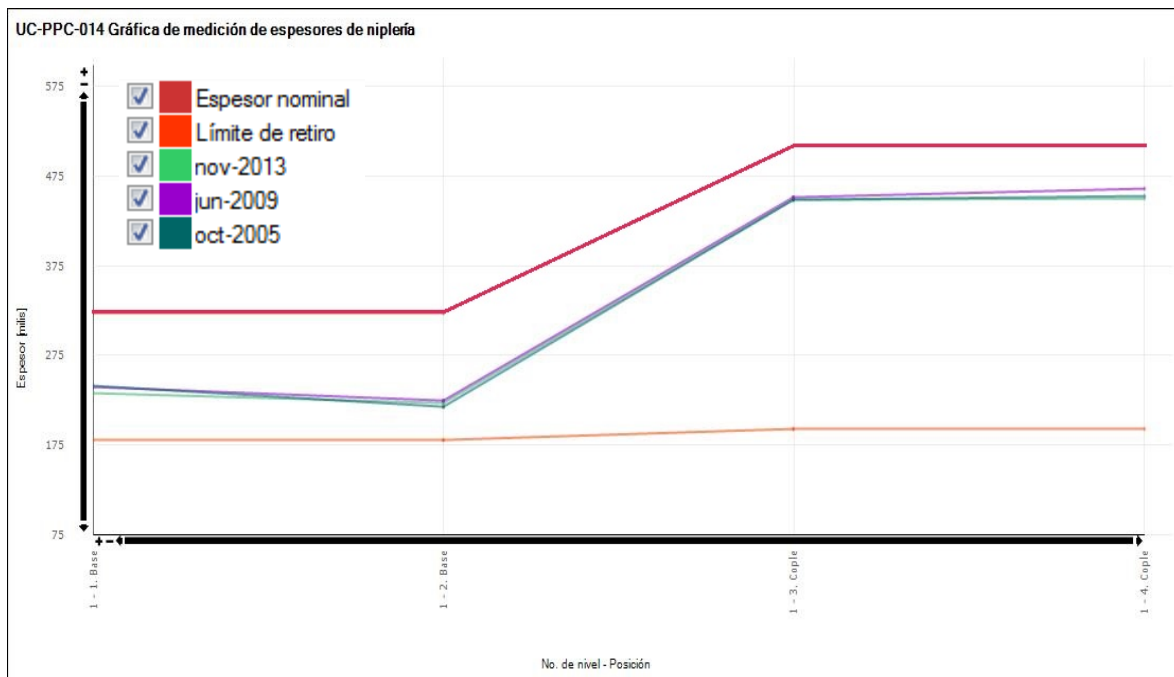


Figura 27. Desgaste de la niplería 1 de la UC-PPC-014.

Para el cálculo de la velocidad de desgaste en el Noviembre de 2013 se consideraron 63 puntos de medición, en la figura 28 muestra niveles con engrosamiento, por lo que no se tomó en cuenta los valores que exceden el 5% del espesor original.

Para la unidad de control UC-PPC-032 se observa en la figura 28 y figura 29 el comportamiento del desgaste antes y después del emplazamiento. Los puntos de mayor desgaste son los niveles 2, 3, 5, 6, 7, 11, 13 y 15.

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

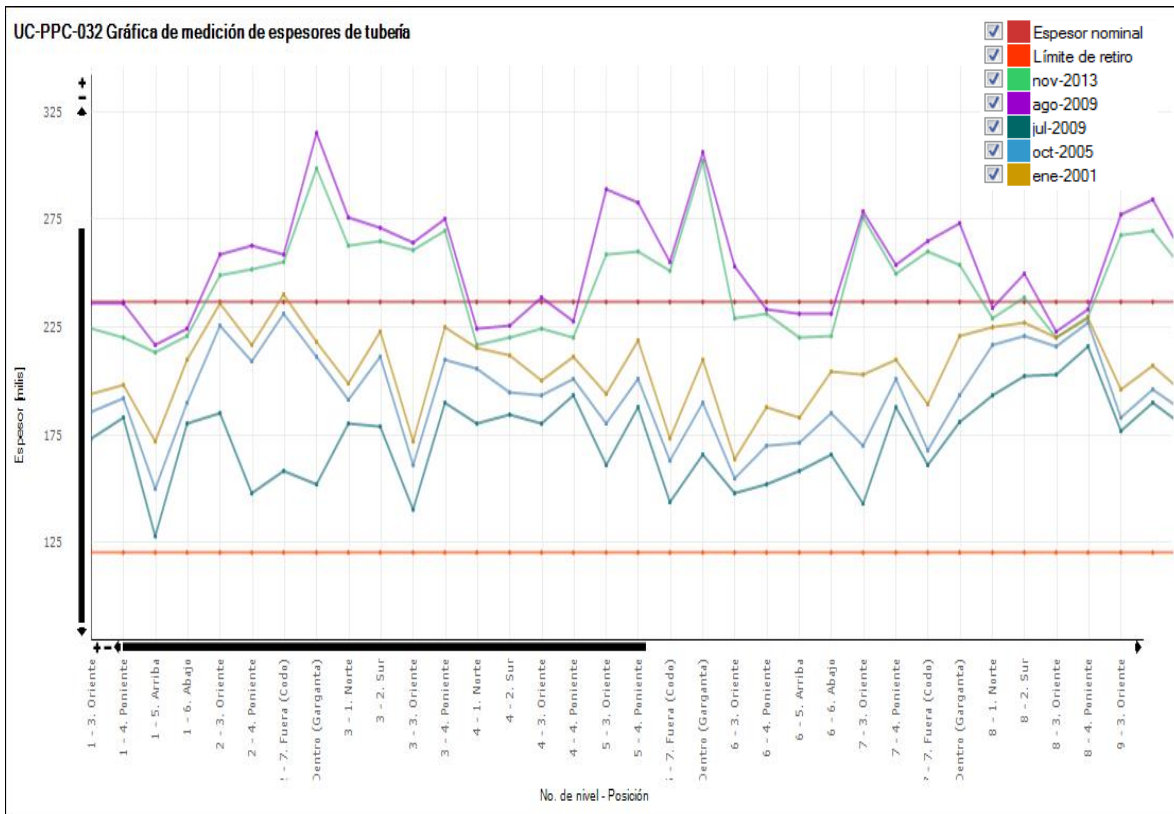


Figura 29. Desgaste de la UC-PPC-032 (Niveles 1 al 8).

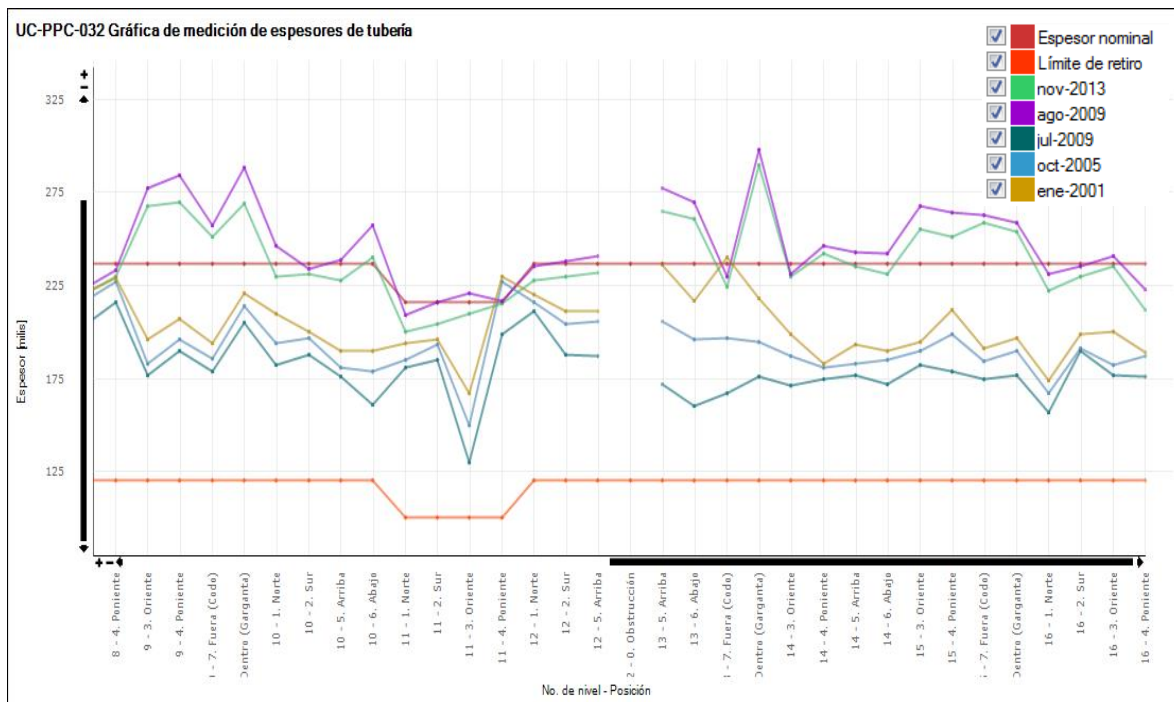


Figura 28. Desgaste de la UC-PPC-032 (Niveles 8 al 16).

3. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la UC-PPC-044 se observó un desgaste mayor en los niveles 2 y 3, como se muestra en la figura 30.

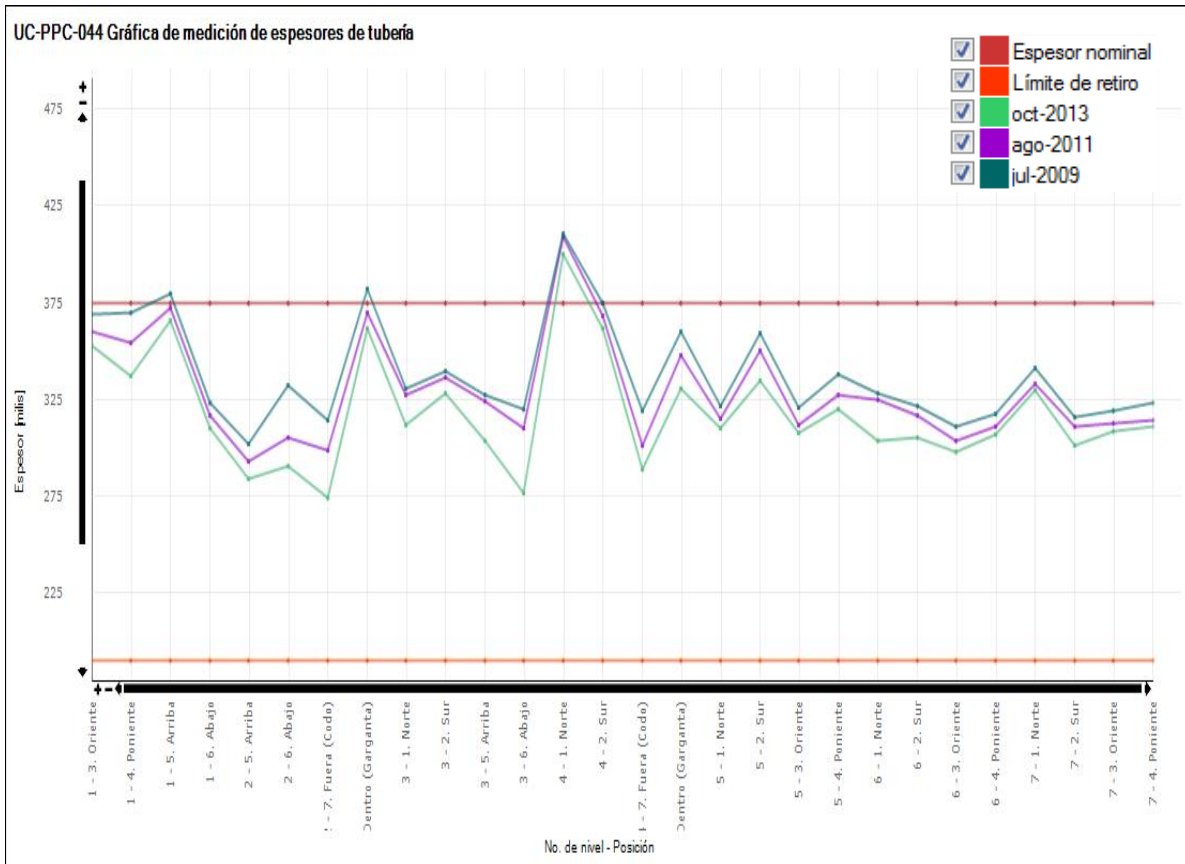


Figura 30. Desgaste de la UC-PPC-044.

Del análisis realizado, la unidad de control que tiene mayor desgaste, es la del domo, debido a que los gases incondensables contiene ácido sulfhídrico, por lo que es más corrosivo y abrasivo. En desgaste le sigue la unidad de control de gasóleo pesado y al final la de gasóleo ligero.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

Durante la elaboración de este trabajo se establecieron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Se analizó el proceso de una planta preparadora de carga, para observar el comportamiento de la velocidad de desgaste en las diferentes fracciones de destilado con el mismo material de construcción en las tuberías. Se obtuvo un mayor desgaste en la unidad de control del domo de la torre de vacío que maneja como fluido gases incondensables (UC-PPC-044) debido a la presencia de ácido sulfhídrico. El desgaste es evidente también en la unidad de control de gasóleo pesado ya que recientemente se presentó un emplazamiento durante el mes de Julio de 2009, por lo que es evidente la utilidad de este sistema de administración de la integridad mecánica.
- En los codos, reducciones y después de estos, se presenta un mayor desgaste debido al cambio en la dirección de flujo y a causa de una mayor turbulencia en esos accesorios.
- A través de la información que genera SIMECELE se identificaron unidades de control con mayor desgaste, como es el caso de la UC-PPC-044.
- Para confirmar una orden de emplazamiento, como es el caso de la UC-PPC-032, fue necesario comprobar los niveles que están muy cercanos al límite de retiro. Las mediciones fueron verificadas nuevamente en campo, por lo que procedió la orden de emplazamiento.
- Se revisó la normatividad vigente de una planta de refinación del petróleo y de acuerdo a ésta, el material empleado para las unidades de control es el correcto, para los diferentes fluidos a las condiciones de operación dadas.
- Durante la revisión de los expedientes se notaron puntos de medición mayores al espesor original, por lo que se recomienda que los valores de medición de espesores que presenten engrosamiento, sean revisados nuevamente en campo.
- En la unidad de control UC-PPC-014 presenta puntos cercanos a su límite de retiro (10% de espesor remanente); nivel 6 posición norte y poniente, nivel 7 oriente. También el nivel 26 norte presenta velocidad de desgaste de atención mayor a 10 mpa, por lo que se recomienda dar seguimiento a estos niveles.
- Es de vital importancia tener un programa de administración de la integridad mecánica de las líneas, para detectar líneas que estén por debajo de los límites permisibles y así garantizar la seguridad de los trabajadores. SIMECELE es una buena herramienta para realizar el análisis y seguimiento en la disminución de espesores de una planta.

RECOMENDACIONES

- SIMECELE da todos los cálculos reportados en este trabajo, es importante hacer una buena interpretación de los resultados para poder tomar las acciones necesarias.
- Se recomienda consultar la norma de referencia NRF-PEMEX-032^[15] para comparar la especificación de los materiales de la planta.
- En el caso de que no se tenga un desgaste por el mecanismo de corrosión generalizada, complementar con otro tipo de inspección técnica (líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.).
- Para las unidades de control menores a 32 puntos de medición se recomienda calcular la velocidad de desgaste ajustada estadísticamente con los valores reportados en la distribución t de student para el número de muestras correspondiente. Para muestras mayores a 32 puntos de medición el valor se aproxima a 1.28.
- Para las niplerías, se tiene que hacer un cálculo del espesor y límite de retiro según la tabla 4 del código ASME B16.11^[16].
- Los niveles de tubería que presenten un desgaste considerable o puntos críticos, se debe dar seguimiento a estos y no hacer caso omiso de la fecha de próxima medición de espesores.
- Hacer un análisis más a detalle de las demás unidades de control de la planta, para encontrar niveles con velocidades de control críticas y con corrosión localizada, y vigilarlos por separado. Es conveniente realizar un análisis en accesorios de tubería donde existe anomalía en el flujo, tales como: codos, injertos, reducciones, después de válvulas de control, puntos de inyección, etc.
- Corroborar los valores de medición de espesores que presenten engrosamientos para que el cálculo sea más acertado.
- Recomiendo el sistema para la aplicación en cualquier planta de la industria y química, siempre y cuando se lleve a cabo un buen análisis de resultados por el usuario para la toma de decisiones.

REFERENCIAS



- [1] Norma NRF-274-PEMEX-2012, “Evaluación de la integridad mecánica de tuberías y equipos estáticos”, 2012.
- [2] Norma DG-SASIPA-IT-0204 Rev. 7, “Guía para el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores”, 2010.
- [3] Casal Fábrega Joaquim, “Análisis del riesgo en instalaciones industriales”, Ed. UPC, pág.15, 1999.
- [4] Página de internet, <https://www.osha.gov/as/opa/spanish>, La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), consultada el 21 de Abril de 2014.
- [5] Página de internet, Sistema-PEMEX_SSPA.htm, Sistema Pemex-SSPA, consultada el 9 de Abril de 2014.
- [6] Crane, “Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías”, Ed. Mc Graw Hill, pág. 1, 1989.
- [7] Norma GPASI-IT-0209, “Procedimiento para efectuar la inspección de tuberías de proceso y servicios auxiliares en operación de las instalaciones de Pemex Refinación”, 1994.
- [8] Página de internet, <http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/tipos>, Tipos de corrosión, consultada el 21 de Abril de 2014.
- [9] Página de internet, <http://www.sistendca.com>, Introducción a los ensayos no destructivos, consultada el 22 de Abril de 2014.
- [10] Pazos Peinado Norma, “Tecnología de los metales y procesos de manufactura”, Ed. UCAB, pág. 291-294, 2005.
- [11] Guía, CEASPA-GDDITA-002, “Guía para el dibujo de diagramas para inspección técnica en AutoCAD[®]”, 2012.
- [12] Norma GPEI-IT-0201, “Procedimiento de revisión de niplería de plantas en operación”, 1986.
- [13] Norma GPI-IT-4200, “Procedimiento para el control de desgaste de niplería”, 1986.

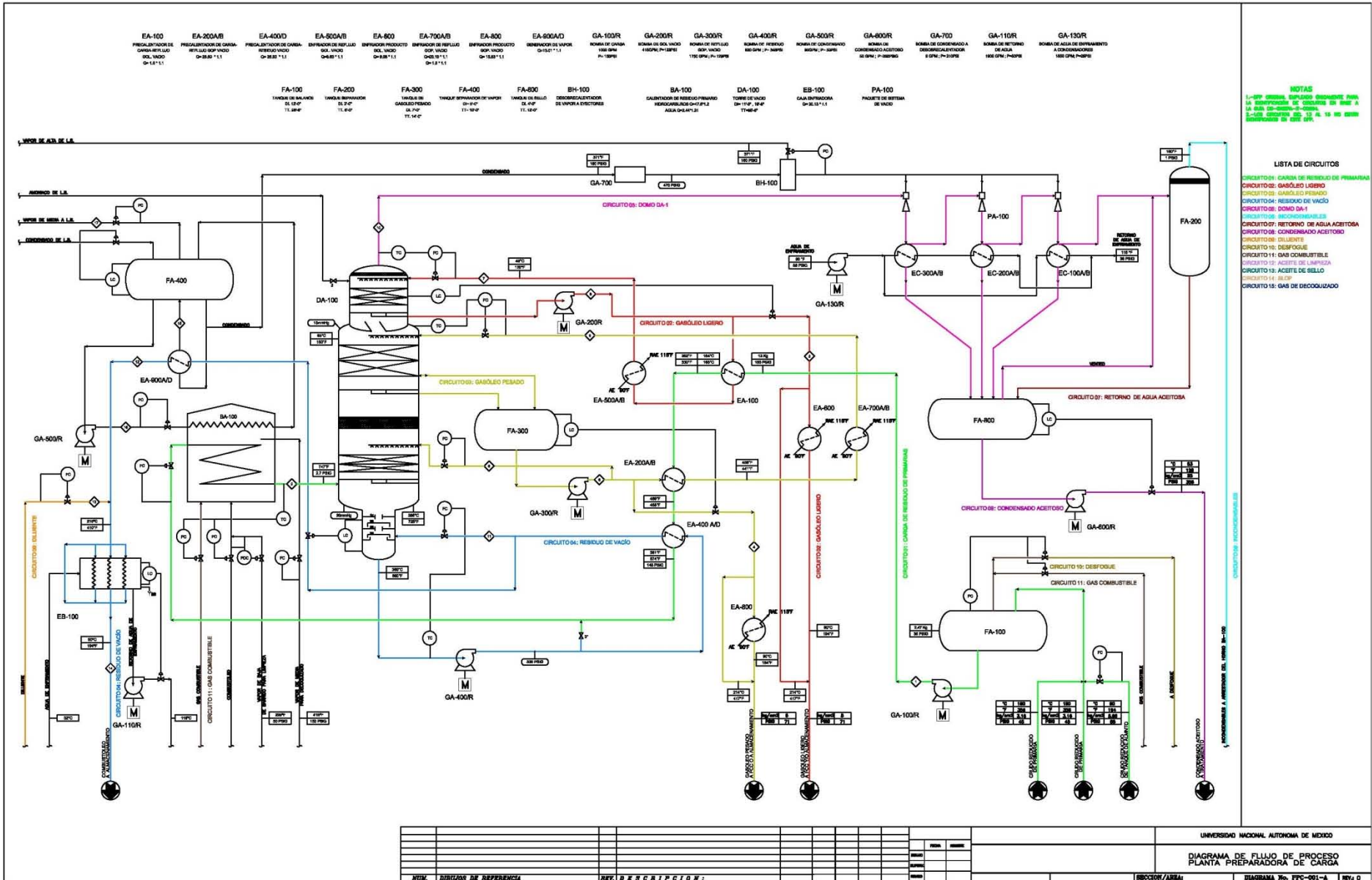
- [14] Norma DG-GPASI-IT-0903, “Procedimiento para efectuar la revisión de tornillería de tuberías y equipos en las instalaciones en operación de Pemex Refinación”, 1995.
- [15] Norma NRF-PEMEX-032, Rev. 0, “Sistemas de tubería en plantas industriales- diseño y especificaciones”, pág. 159, 2005.
- [16] Código ASME B16.11, “Forged fittings, socket-welding and threaded”, pág. 4, 2005.
- [17] Código ASME B31.3, “Process piping”, pág. 146, 2008.
- [18] Norma DG-ASIPA-IT-00008, “Espesores de retiro para tuberías, válvulas y conexiones metálicas, empleadas en el transporte de fluidos, 2001.
- [19] Norma API-570, “Piping inspection code”, 2006.
- [20] Norma NRF-227-PEMEX-2009, “Evaluación de la integridad mecánica de tuberías de proceso y recipientes a presión en instalaciones marinas”, 2009.

ANEXOS



ANEXO A. Diagrama de identificación de circuitos de líneas

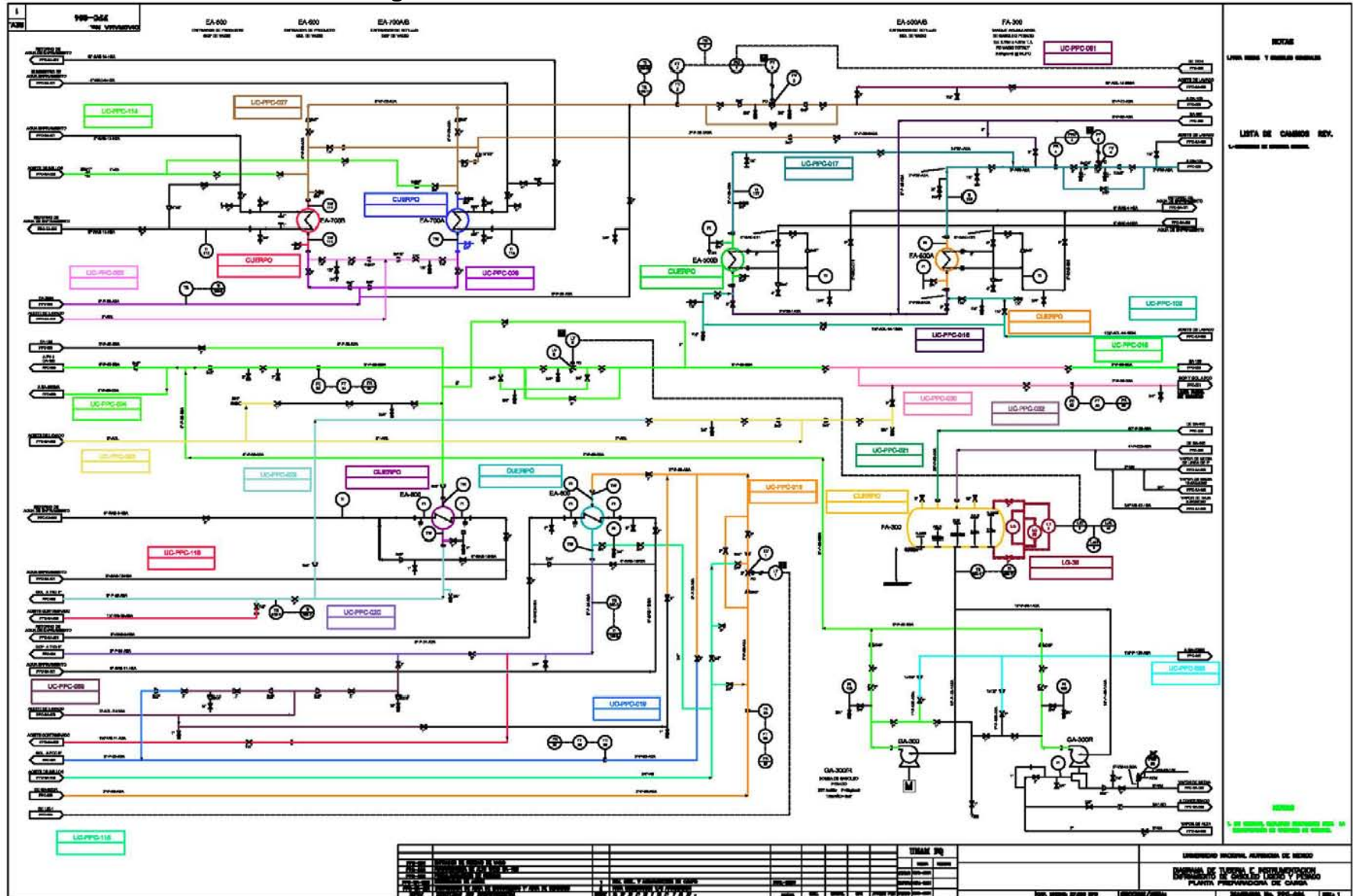
Anexo A. Diagrama de identificación de circuitos de líneas DFP-PPC-001-A.



ANEXO B. Diagramas de identificación de unidades de control

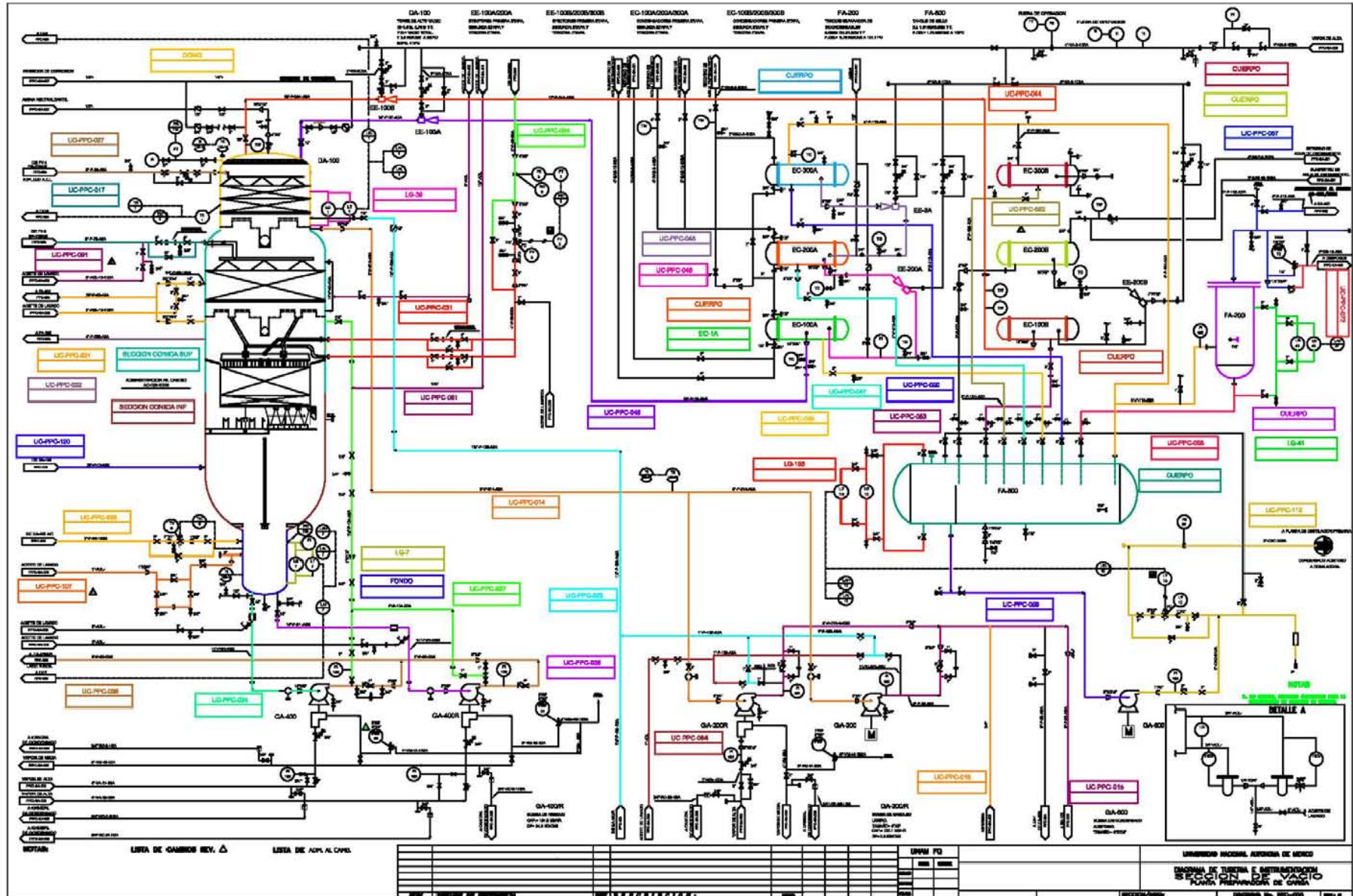


Anexo B. Diagrama de identificación de unidades de control DTI-PPC-004.



ANEXO B. Diagramas de identificación de unidades de control

Anexo B. Diagrama de identificación de unidades de control DTI-PPC-005.



Anexo C. Cálculo del límite de retiro para las unidades de control

Cálculo del límite de retiro por la ecuación de Barlow

Para la evaluación de la integridad mecánica, se tiene que comprobar antes el espesor de retiro (cuando no sea proporcionado por el fabricante), realizando el cálculo para todos los diámetros y materiales que integren las unidades de control, de acuerdo al código ANSI B 31.3 ^[17].

En la figura 31 se muestra los diferentes tipos de espesores presentes en una tubería.

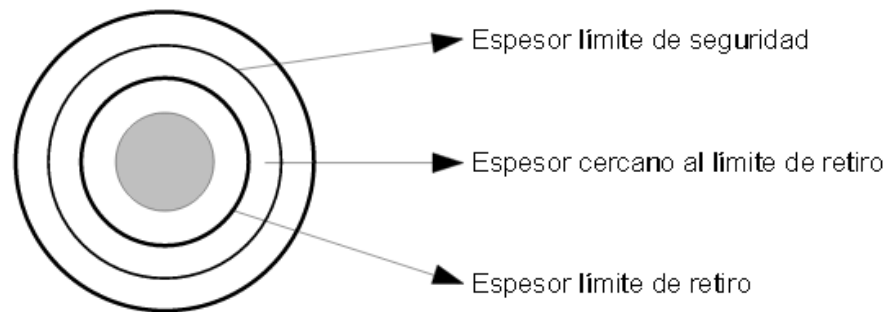


Figura 31. Espesores en tuberías (NRF-227-PEMEX-2009^[20], Pág. 12).

Límite de retiro para tuberías con extremos planos (L_r).

$$L_r = \frac{PD}{2S} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

P= Presión de diseño [lb/in²].

D= Diámetro nominal [in].

S= Esfuerzo máximo permisible a la temperatura de diseño [lb/ in²].

Límite de retiro para tuberías con extremos roscados (L_{rr}).

$$L_{rr} = L_r + R \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

L_r= Límite de retiro con extremos planos [in].

R= Espesor adicional debido a la profundidad de la cuerda [in].

El esfuerzo para las diferentes clases de materiales es tomada de la tabla A-1 del código ASME B31.3^[17], “Process piping”.

Se debe comparar el resultado del límite de retiro calculado, con el reportado en la tabla 5.1 de la norma DG-ASIPA-IT-00008^[18] y de los dos valores se debe seleccionar el mayor (Ver tabla 27).

Tabla 27. Norma DG-ASIPA-IT-00008 “Valores de referencia para los cálculos de espesores en tuberías de proceso” (Tabla 5.1).

Diámetro nominal [in]			Conexiones con brida y válvula		
			Clase		
			150#	300#	600#
3/8	0.080	0.110	--	--	--
1/2	0.090	0.120	--	--	--
3/4	0.090	0.120	--	--	--
1	0.090	0.120	0.115	0.125	0.150
1 1/2	0.090	0.120	0.120	0.140	0.175
2	0.100	0.130	0.125	0.150	0.200
2 1/2	0.100	0.140	0.130	0.165	0.225
3	0.100	0.150	0.140	0.175	0.250
4	0.120	0.170	0.150	0.200	0.300
6	0.150	0.190	0.170	0.250	0.400
8	0.180	0.200	0.200	0.300	0.500
10	0.190	0.230	0.230	0.350	0.600
12	0.190	0.240	0.250	0.400	0.700
14	0.190	0.250	0.270	0.450	0.800
16	0.190	0.250	0.295	0.495	0.900
18	0.190	0.250	0.320	0.545	1.000
20	0.190	0.250	0.345	0.595	1.100
24	0.190	0.250	0.395	0.695	1.300

Cálculo del límite de retiro por el criterio API

La norma API-570^[19] plantea los lineamientos a seguir para determinar el límite de retiro y los resume en los siguientes pasos:

Calcular el espesor mínimo para la presión de diseño.

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)}$$

Ec. 11

Donde:

t= Espesor por presión de diseño [in].

P= Presión de diseño [lb/in²].

D= Diámetro exterior [in].

E= Factor de calidad de construcción para tuberías (Tabla A-1A y A-1B, de la norma ASME B31.3-2008).

Y= Coeficiente de espesor de pared (Tabla 304.1.1, de la norma ASME B31.3-2008).

Se debe comparar el resultado del límite de retiro calculado, con el reportado en la tabla E-1. Norma API-570^[19] "Espesor mínimo estructural requerido" y de los dos valores se debe seleccionar el mayor (Ver tabla 28).

Tabla 28. Norma API-570 "Mínimo espesor estructural sugerido" (Tabla E-1.).

Diámetro	Acero al carbón y Cromo A temperaturas < 400 °F (204°C)	Inoxidables A temperaturas < 300 °F (149°C)
1/2 a 2-1/2	0.100" (2.5 mm)	0.060" (1.5 mm)
3	0.100" (2.5 mm)	0.080" (2.0 mm)
3-1/2	0.100" (2.8 mm)	0.080" (2.0 mm)
4 a 5	0.100" (2.8 mm)	0.090" (2.3 mm)
6 a 10	0.150" (3.8 mm)	0.100" (2.5 mm)
12 a 24	0.188" (4.5 mm)	0.120" (3.0 mm)

Es importante hacer el cálculo del límite de retiro debido a que se ve afectado por la presión de diseño, si es una presión muy alta, el valor de límite de retiro es mayor al reportado en tablas.

En la tabla 29 se muestra en cálculo del límite de retiro para las unidades de control analizadas, se hace el comparativo con la tabla 5.1 de la norma DG-ASIPA-IT-00008^[18] y con la tabla E-1. de la Norma API-570^[19].

Tabla 29. Comparación entre los límites de retiro de las unidades de control.

Cálculo y comparación del límite de retiro					
Unidad de control	Diámetro	Ecuación de Barlow	Cálculo criterio API-570	Tabla 4.1. Norma DG-ASIPA-IT-00008	Tabla E-1. Norma API-570
UC-PPC-014	12"	0.015"	0.016"	0.190"	0.188"
	8"	0.010"	0.010"	0.180"	0.150"
UC-PPC-032	4"	0.005"	0.006"	0.120"	0.110"
	3"	0.003"	0.004"	0.100"	0.110"
UC-PPC-044	16"	0.020"	0.020"	0.190"	0.188"

Para las unidades de control que se seleccionaron para el análisis, se tomó el valor más alto de límite de retiro por seguridad, que fue el de la tabla 4.1. Norma ASIPA-IT-00008^[18].

Anexo D. Censo de unidades de control de líneas

Tabla 30. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-001	Residuo de Primaria a Cabezal de Entrada de FA-100	PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-002	Residuo de Primaria a Cabezal de Entrada de FA-100	PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-003	Carga al FA-100	PPC-001 PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-004	De FA-100 a GA-100/R	PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-005	De GA-100/R a EA-100	PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-006	De EA-100 a EA-200A	PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-007	De EA-200A a EA-200B	PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-008	De EA-200B a EA-40000D	PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-009	De EA-40000B/C a FV-8/9/10/11	PPC-002 PPC-003
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-010	De FV-8 a BA-100	PPC-002
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-011	De FV-9 a BA-100	PPC-002
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-012	De FV-10 a BA-100	PPC-002
01. CARGA DE RESIDUO DE PRIMARIAS	UC-PPC-013	De FV-11 a BA-100	PPC-002
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-014	De DA-100 a GA-2R	PPC-005
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-015	De GA-200/R a LV-1 y EA-100A	PPC-003 PPC-005
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-016	De EA-100 a EA-500A/B	PPC-003 PPC-004
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-017	De EA-500A/B a DA-100	PPC-004 PPC-005

Anexo D. Censo de unidades de control de líneas



CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-018	De GA-200/R a EA-600	PPC-004 PPC-005
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-019	De EA-600 a Cabezal de Distribución de Mezcla de Gasóleos	PPC-001 PPC-004
02. GASÓLEO LIGERO	UC-PPC-020	De EA-600 a Cabezal de Distribución de Mezcla de Gasóleos y a Tanques de Almacenamiento de GOP	PPC-001 PPC-004
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-021	De DA-100 a FA-300	PPC-004 PPC-005 PPC-SA-008
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-022	De FA-300 a GA-300/R	PPC-004
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-023	De GA-300/R a DA-100	PPC-004 PPC-005
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-024	De GA-300/R a EA-200B	PPC-003 PPC-004
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-025	De EA-200B a EA-200A	PPC-003
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-026	De EA-200A a EA-700A/B	PPC-003 PPC-004
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-027	De EA-700A a DA-100	PPC-004 PPC-005
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-028	De LV-6 a EA-800	PPC-003 PPC-004
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-029	De EA-800 a Tanques de GOP	PPC-001 PPC-004
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-030	De EA-800 a Límite de Batería	PPC-001 PPC-004
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-031	De Disparo de GA-300/R a FV-3 y DA-100	PPC-004 PPC-005
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-032	De FA-300 a DA-100	PPC-004 PPC-005
03. GASÓLEO PESADO	UC-PPC-033	Cabezal de Mezcla de Gasóleos	PPC-001
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-034	De DA-100 a GA-400	PPC-005
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-035	De DA-100 a GA-400R	PPC-005
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-036	De GA-400/R a EA-40000B/C	PPC-003 PPC-005
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-037	De GA-400/R a DA-100	PPC-005 PPC-SA-008

Anexo D. Censo de unidades de control de líneas



CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-038	De EA-400A y EA-400C a DA-100 y LV-7	PPC-003
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-039	De EA-400C a DA-100	PPC-003 PPC-005
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-040	De LV-7 a EB-100	PPC-001 PPC-003
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-041	De LV-7 a EB-100	PPC-001
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-042	De EB-100 a Cabezal de Distribución de Combustóleo	PPC-001
04. RESIDUO DE VACÍO	UC-PPC-043	De Cabezal de Distribución de Combustóleo a Tanques de Almacenamiento.	PPC-001
05. DOMO DA-100	UC-PPC-044	De DA-100 a EC-100B, pasa por EE-100B	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-045	De DA-100 a EC-100A	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-046	De EC-100A a EC-200A	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-047	De EC-200A a FA-800	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-048	De EC-200A a EC-3A	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-049	De EC-100A a FA-800	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-050	De EC-3A a FA-800	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-051	De EC-100B a FA-800	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-052	De EC-100B a EC-200B	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-053	De EC-200B a FA-800	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-054	De EC-200B a EC-3B	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-055	De EC-3B a FA-800	PPC-005
05. DOMO DA-100	UC-PPC-056	De EC-3A/B a FA-800	PPC-005
06. INCONDENSABLES	UC-PPC-057	De FA-200 a BA-100	PPC-002 PPC-005 PPC-SA-003
07. RETORNO DE AGUA ACEITOSA	UC-PPC-058	De FA-200 a FA-800	PPC-005

Anexo D. Censo de unidades de control de líneas



CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
08. CONDENSADO ACEITOSO	UC-PPC-059	De FA-800 a GA-6/R	PPC-005
09. DILUENTE	UC-PPC-060	De Límite de Batería a Cabezal de succión de GA-160/R (Kerosina)	PPC-SA-008
09. DILUENTE	UC-PPC-061	De Límite de Batería a Cabezal de succión de GA-160/R (Diesel)	PPC-SA-008
09. DILUENTE	UC-PPC-062	De Límite de Batería a Cabezal de succión de GA-160/R (Aceite Cíclico Ligero)	PPC-SA-008
09. DILUENTE	UC-PPC-063	De cabezal de succión a GA-160/R	PPC-001 PPC-SA-008
09. DILUENTE	UC-PPC-064	De GA-160/R a EB-100	PPC-001/SA-008
10. DESFOGUE	UC-PPC-065	PSV-56 y Cabezal de Desfogue a FA-500	PPC-003 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-066	De PSV-60 a Cabezal de Desfogue	PPC-003 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-067	De PSV-58 a Cabezal de Desfogue	PPC-003 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-068	De PSV-59 a Cabezal de Desfogue	PPC-003 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-069	De PSV-63 a Cabezal de Desfogue	PPC-003 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-070	De PSV-57 a Cabezal de Desfogue	PPC-003 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-071	De PSV-84 a FA-500	PPC-SA-005 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-072	De PSV-73 a FA-500	PPC-005 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-073	De PCV-16B a FA-500	PPC-003 PPC-SA-009
10. DESFOGUE	UC-PPC-074	De FA-500 a Límite de Batería	PPC-SA-009
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-075	De Límite de Batería a FA-9	PPC-SA-005
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-076	De FA-9 a FA-1001A/B	--
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-077	De FA-1001A/B a FA-1002	--
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-078	De FA-1002 a PSV-16 A, PV-7 y PV-53	PPC-002 PPC-003 PPC-SA-005

Anexo D. Censo de unidades de control de líneas



CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-079	De FA-100 a PCV-16 A/B	PPC-003
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-080	De PV-53 a Pilotos de BA-100	PPC-002 PPC-SA-003
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-081	De PV-7 a quemadores del BA-100	PPC-002 PPC-SA-003
11. GAS COMBUSTIBLE	UC-PPC-082	Dren de FA-1001A/B y FA-1002	--
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-083	De Cabezal de Aceite de Limpieza a EA-800.	PPC-004 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-084	De Cabezal de Aceite de Limpieza a DA-100, GA1/R y GA2/R.	PPC005 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-085	De Cabezal de Aceite de Limpieza a EA-700A/B	PPC-004
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-086	De FB-3 a Cabezal de Aceite de Limpieza	PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-087	De FB-3 a GA-120 A/B	PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-088	De Cabezal de Aceite de Limpieza a EA-40000B	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-089	De Cabezal de Aceite de Limpieza a EA-600	PPC-004 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-090	De GA-120/R a Cabezal de Aceite de Limpieza	PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-091	De Cabezal de Distribución a DA-100 y FIC-2	PPC-005 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-092	De Cabezal de Distribución a FA-100	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-093	De Cabezal de Distribución a GA-100/R	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-094	De Cabezal de Distribución a EA-100	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-095	De Cabezal de Distribución a EA-200A	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-096	De Cabezal de Distribución a EA-200B	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-097	De Cabezal de Distribución a FV-8	PPC-002 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-098	De Cabezal de Distribución a FV-9	PPC-002 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-099	De Cabezal de Distribución a FV-10	PPC-002

Anexo D. Censo de unidades de control de líneas



CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
			PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-100	De Cabezal de Distribución a FV-11	PPC-002 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-101	Cabezal de Aceite de Limpieza a Bombas de la Planta	PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-102	De Cabezal de Distribución a EA-5 A/B	PPC-004 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-103	De Cabezal de Distribución a EA-500A y D-1	PPC-004 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-104	De Cabezal de Distribución a EA-400 B/C	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-105	De Cabezal de Distribución a EA-400 A/D	PPC-003 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-106	De Cabezal de Distribución a EB-100	PPC-001 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-107	De Cabezal de Distribución a Fondo de DA-100	PPC-005 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-108	De Cabezal de Distribución a FV-3	PPC-005 PPC-SA-008
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-109	De Cabezal de Distribución a PSV-63	PPC-003 PPC-SA-008 PPC-SA-009
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-110	De Cabezal de Distribución a PSV-57	PPC-SA-009
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-111	De Cabezal de Distribución a PSV-59	PPC-SA-009
12. ACEITE DE LIMPIEZA	UC-PPC-112	De Cabezal de Distribución a PSV-60	PPC-SA-009
13. ACEITE DE SELLO	UC-PPC-113	De GA-140/R a Bombas de la Planta	PPC-SA-008
13. ACEITE DE SELLO	UC-PPC-114	De EA-7 A/B a HA-100	PPC-004 PPC-SA-008
13. ACEITE DE SELLO	UC-PPC-115	De Cabezal de Aceite de Sello a LIC-1	PPC-004 PPC-SA-008
13. ACEITE DE SELLO	UC-PPC-116	De FB-3 a HA-100	PPC-SA-008
13. ACEITE DE SELLO	UC-PPC-117	Retorno de Aceite de Sello de Bombas de Planta	PPC-SA-008
14. SLOP	UC-PPC-118	De Cabezal de Distribución a Límite de Batería	PPC-003 PPC-SA-008
14. SLOP	UC-PPC-119	De GA-6 a Límite de Batería	PPC-005

Anexo D. Censo de unidades de control de líneas



CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN SIMECELE	DESCRIPCIÓN	DTI
15. GAS DE DECOQUIZADO	UC-PPC-120	De BA-100 a DA-100	PPC-002 PPC-005
15. GAS DE DECOQUIZADO	UC-PPC-121	Cabezal de Gas de Decoquizado	PPC-SA-004
15. GAS DE DECOQUIZADO	UC-PPC-122	De BA-100 a Cabezal de Gas de Decoquizado	PPC-002 PPC-SA-004
15. GAS DE DECOQUIZADO	UC-PPC-123	De BA-100 a Cabezal de Gas de Decoquizado	PPC-002 PPC-SA-004
15. GAS DE DECOQUIZADO	UC-PPC-124	De BA-100 a Cabezal de Gas de Decoquizado	PPC-002 PPC-SA-004
15. GAS DE DECOQUIZADO	UC-PPC-125	De BA-100 a Cabezal de Gas de Decoquizado	PPC-002 PPC-SA-004
10. DESFOGUE	UC-PPC-126	De PSV's de FA11A/B, FA-1002 y LG-1 a cabezal de desfogue	--

Anexo E. Inspección visual de las unidades de control

En este anexo se muestra la inspección visual de tubería, niplería y tornillería de las unidades de control analizadas.

La tabla 31 muestra que existe corrosión y daño en recubrimiento de la UC-PPC-014 por lo que es necesario tomar una acción correctiva.

Tabla 31. Inspección visual de tubería de la UC-PPC-014.

Anomalía	Por evaluar:	oct-2005	jun-2009	nov-2013
Fugas	Proceso	-	No	No
	Indicios de vapores	-	No	No
	Grampas existentes	-	No	No
Desalineamiento	Desalineamiento de tuberías/desplazamiento restringido	-	No	No
	Desalineamiento de juntas de expansión	-	No	No
Vibración	Peso colgado excesivo	-	No	No
	Soportes inadecuados	-	No	No
	Tuberías de pequeño calibre	-	No	No
	Conexiones roscadas	-	No	No
	Soportes sueltos por deterioro metálico	-	No	No
Soporte	Patines de soportes	-	No	No
	Colgantes deformados o fracturados	-	No	No
	Resortes fuera de apoyo	-	No	No
	Abrazadera deformada o fracturada	-	No	No
	Ménsulas sueltas	-	No	No
	Placas/Rodillos deslizantes	-	No	No
	Contrapeso	-	No	No
	Soportes con corrosión	-	No	No
Corrosión	Partes de soportes bajo grampas	-	Si	Si
	Recubrimiento/Pintura deteriorados	-	Si	Si
	Interfase suelo-aire	-	Si	Si
	Superficie de contacto del aislamiento	-	No	No
	Productos biológicos	-	No	No
Aislamiento	Daños/Perforaciones	-	-	-
	Envoltura/Aislamiento extraviado	-	-	-
	Sello deteriorado	-	-	-
	Abultamiento	-	-	-
	Flejes (rotos-extraviados)	-	-	-

La tabla 32 muestra que la corrosión en los espárragos es leve en la mayoría de los casos.

Tabla 32. Inspección visual de tornillería de la UC-PPC-014 (Nov-2013).

Número de brida	Cantidad de espárragos	Grado de corrosión	Número de espárragos por cambiar	Observaciones
1	12	Leve	0	Bien
2	12	Moderada	0	Bien
3	12	Leve	0	Bien
4	8	Leve	0	Bien
5	12	Leve	0	Bien
6	12	Leve	0	Bien
7	12	Moderada	0	Bien
8	8	Leve	0	Bien

La tabla 33 muestra un estado correcto de los componentes de la niplería.

Tabla 33. Inspección visual de niplería de la UC-PPC-014 (Nov-2013).

Arreglo				
Pieza		Característica por revisar	Como se encontró	Como se dejó
		Nivel:1 5. Arreglo: Cople-Termopozo		
Cople		Libraje	Correcto	No asignado
		Longitud	1/2 cople	No asignado
		Estado de la cuerda	Bien	No asignado
		Material	Correcto	No asignado
		Estado físico	Bueno	No asignado
		Soldadura*	Bien	No asignado
Bolsa		Tipo	-	No asignado
		Estado de la cuerda	-	No asignado
		Material	Correcto	No asignado
		Estado físico	Bien	No asignado

La tabla 34 muestra corrosión en soportes y daños en el asilamiento.

Tabla 34. Inspección visual de la UC-PPC-032.

Anomalía	Por evaluar:	nov-2013
Fugas	Proceso	No
	Indicios de vapores	No
	Grampas existentes	No
Desalineamiento	Desalineamiento de tuberías/desplazamiento restringido	No
	Desalineamiento de juntas de expansión	-
Vibración	Peso colgado excesivo	No
	Soportes inadecuados	No
	Tuberías de pequeño calibre	No
	Conexiones roscadas	No
	Soportes sueltos por deterioro metálico	No
Soporte	Patines de soportes	Si
	Colgantes deformados o fracturados	-
	Resortes fuera de apoyo	No
	Abrazadera deformada o fracturada	No
	Ménsulas sueltas	No
	Placas/Rodillos deslizantes	-
	Contrapeso	No
	Soportes con corrosión	Si
Corrosión	Partes de soportes bajo grampas	No
	Recubrimiento/Pintura deteriorados	No
	Interfase suelo-aire	No
	Superficie de contacto del aislamiento	No
	Productos biológicos	No
Aislamiento	Daños/Perforaciones	Si
	Envoltura/Aislamiento extraviado	Si
	Sello deteriorado	Si
	Abultamiento	Si
	Flejes (rotos-extraviados)	Si

La tabla 35 muestra corrosión moderada en los espárragos de las bridas.

Tabla 35. Inspección visual de tornillería de la UC-PPC-032 (Nov-2013).

Número de brida	Cantidad de espárragos	Grado de corrosión	Número de espárragos por cambiar	Observaciones
1	8	Moderada	0	Bien
2	8	Moderada	0	Bien
3	8	Moderada	0	Bien

La tabla 36 muestra corrosión en soportes y daños en el asilamiento.

Tabla 36. Inspección visual de tubería de la UC-PPC-044.

Anomalía	Por evaluar:	oct-2013
Fugas	Proceso	No
	Indicios de vapores	No
	Grampas existentes	No
Desalineamiento	Desalineamiento de tuberías/desplazamiento restringido	No
	Desalineamiento de juntas de expansión	-
Vibración	Peso colgado excesivo	No
	Soportes inadecuados	No
	Tuberías de pequeño calibre	No
	Conexiones roscadas	No
	Soportes sueltos por deterioro metálico	No
Soporte	Patines de soportes	Si
	Colgantes deformados o fracturados	-
	Resortes fuera de apoyo	No
	Abrazadera deformada o fracturada	No
	Ménsulas sueltas	No
	Placas/Rodillos deslizantes	-
	Contrapeso	No
	Soportes con corrosión	Si
Corrosión	Partes de soportes bajo grampas	No
	Recubrimiento/Pintura deteriorados	No
	Interfase suelo-aire	No
	Superficie de contacto del aislamiento	No
	Productos biológicos	No
Aislamiento	Daños/Perforaciones	Si
	Envoltura/Aislamiento extraviado	Si
	Sello deteriorado	Si
	Abultamiento	Si
	Flejes (rotos-extraviados)	Si

La tabla 37 muestra corrosión moderada y espárragos por cambiar.

Tabla 37. Inspección visual de tornillería de la UC-PPC-044 (Oct-2013).

Número de brida	Cantidad de espárragos	Grado de corrosión	Número de espárragos por cambiar	Observaciones
1	18	Moderada	2	--