



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y
CONTROL DE ESPESORES EN LÍNEAS Y EQUIPOS
(SIMECELE) EN UNA PLANTA DEISOBUTANIZADORA**

TESIS

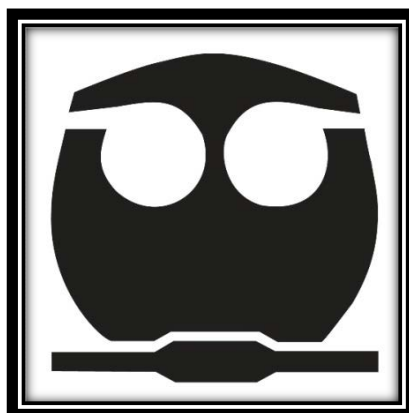
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA

JOSÉ LUIS GALINDO ZAVALA

MÉXICO, D.F.

2012





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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: I.Q. ANTONIO VALIENTE BARDERAS

VOCAL: Profesor: I.Q. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

SECRETARIO: Profesor: I.Q. MODESTO JAVIER CRUZ GÓMEZ

1er. SUPLENTE: Profesor: I.Q. MARIANO PÉREZ CAMACHO

2° SUPLENTE: Profesor: I.Q. NESTOR NOE LÓPEZ CASTILLO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: TORRE DE INGENIERÍA, UNAM

ASESOR DEL TEMA:

DR. MODESTO JAVIER CRUZ GÓMEZ

SUPERVISOR TÉCNICO:

I.Q. ERICK MIGUEL LEON HERNÁNDEZ

SUSTENTANTE:

JOSÉ LUIS GALINDO ZAVALA

MUCHAS GRACIAS:

A mis Padres:

A quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: Amor. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho. A quienes me dieron la oportunidad de existir, por sus sacrificios y esfuerzos en todo momento, por su ejemplo de superación incansable, por su comprensión y confianza, por su amor y amistad incondicional, por sus consejos y estímulos, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional. Como una muestra de cariño y agradecimiento, por todo el amor y el apoyo brindado, sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzos constantes, sólo deseo que entiendan que el logro mío es el logro suyo, que mi esfuerzo es inspirado en ustedes y que son mi único ideal. Con mucho cariño, admiración y respeto.

A mis hermanos:

Ya que son personas muy importantes en mi vida, porque me ayudaron a lograr esta meta, siendo partícipes en todos y cada uno de mis días y ahora que he culminado mi formación profesional comparto este logro con ustedes. Gracias por todo su apoyo, comprensión y cariño hacia mí. Por hacerme sentir una persona importante y de provecho. Por darme grandes e inolvidables momentos y que próximamente estarán culminando orgullosamente sus estudios.

A la UNAM:

Con respeto, cariño y gratitud a la máxima casa de estudios, mi segunda casa, por darme la oportunidad de ser parte de su comunidad, por brindarme una formación intelectual, física y espiritual. Por darme la oportunidad de decir "ORGULLOSAMENTE UNAM" y demostrarlo.

A la Facultad de Química:

Con respeto, cariño y gratitud a una de las mejores instituciones de enseñanza de química que existen, por la formación y conocimientos que recibí en sus aulas a través de los mejores profesores y donde me ayudaron a desarrollar mis habilidades y aptitudes. Orgullosamente me comprometo a poner en práctica mis conocimientos adquiridos y ser útil a mi patria.

A mi Asesor y Supervisor Técnico:

Al Dr. Javier Cruz y al IQ Erick León por darme la oportunidad de colaborar en sus proyectos además de brindarme todo su apoyo y tiempo para terminar ésta etapa de mi vida.

A mis amigos y colegas de la Facultad:

Por hacer toda mi estancia muy agradable como estudiante, viviendo buenos y malos momentos, brindándome su amistad, confianza, apoyo, cariño, alegría, consejos y conocimientos. A mis amigos del "Hospicio": Tomas, Rodolfo, Mary, Santiago, Viviana, Hugo Brito, Julio, Lalo, Betsabé, Joel, Andrea, Macedo, Sam, Adriana, Diana Leticia, Gaby, Susy, Chío, Sujhey, Peter, Rojo, Karla, Carlos, Viry, Anahí, Luz, Karii Haidee, Lux, Angie, Aspiazu, Hugo Mtz., Monse. También para Alejandra Villegas, Rocío, Citlali, Diana, Tatiana, Jess, Javier, Mara, Bety, Martín, Erick, Alan...

A mis amigos y compañeros de Equipo de Proyectos:

Por dejarme ser parte de sus equipos desarrollando buenos proyectos a lo largo de la carrera. Por los buenos y malos momentos que llegamos a pasar pero siempre cumpliendo satisfactoriamente. A mis amigos ingenieros químicos: Tomas, Rodolfo y Macedo.

A mis amigos y compañeros de trabajo en la Torre de Ingeniería:

Por su amistad, confianza, alegría y conocimientos. A Rodolfo, Esaú, Isaac, Wilber, Luis, Raúl, Nayeli, Sandra, Cinthia, Bere, Dulce, Rafa, Pilar, Daniel, Víctor, Isabel, Iván, Mariano, Alejandro, Reyna y Martín.

A mis amigos y compañeros del LIQyQA:

El laboratorio donde realicé mi Servicio Social y adquirí grandes conocimientos. A grandes personas que me brindaron confianza y apoyo pero sobre todo buenos momentos: Dra. Carmen Duran, Dra. Marisela Bernal, Raúl, Benjamín, Arlene, Daniela, Elizabeth, Monse...

A mis amigos de la Prepa:

Por brindarme buenos y grandes momentos, por su amistad, confianza, apoyo, cariño, alegría y consejos. A Yuriev, Pamela, Javier, Emmanuel, Alfredo, Juan y Verónica.

A mis Tíos y Compadres:

Por todo el apoyo hacia mi familia y hacia mí en buenos y malos momentos.

A todas las personas que tuve el privilegio de conocer y ser su amigo muchas gracias, ¡los tendré presentes en todo momento!



ÍNDICE



<i>Contenido</i>	<i>Pág.</i>
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS PARTICULARES	3
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	
Integridad Mecánica	5
Seguridad Industrial	9
Desgaste	10
Corrosión	11
Corrosión en Tuberías de Acero	12
Protección contra la Corrosión en Tuberías	13
Mantenimiento	14
Medición de Espesores	16
Métodos de Inspección	18
Medición de Espesores por el Método Ultrasónico	20
Diagramas Técnicos de Proceso	26
Diagramas de Flujo de Proceso (DFP)	27
Dibujos Isométricos	28
Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI)	28
Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE)	29
¿Qué es el SIMECELE?	29
¿Para quién es el SIMECELE?	31
Módulos del SIMECELE	31



ÍNDICE



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO

Información Recopilada en Campo	35
Descripción del Proceso de la Planta Deisobutanizadora (DIB)	36
Circuitos de Proceso	39
Unidades de Control (UC) Definidas.....	40
Captura de Unidades de Control en SIMECELE.....	44
Unidades de Control de Líneas.....	44
Unidades de Control de Equipos	50
Arreglos Básicos de Niplería	52
Niveles de Tornillería.....	54

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Ejemplo de captura en SIMECELE	57
Análisis de SIMECELE	61
Unidades de Control capturadas en SIMECELE	74
Análisis de Resultados.....	77

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Conclusiones.....	85
Ventajas de SIMECELE.....	86
Recomendaciones	87

ANEXOS.....	88
--------------------	-----------

GLOSARIO.....	120
----------------------	------------

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
--	------------



ÍNDICE



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla</i>		<i>Pág.</i>
Tabla I	Sistemas de Mantenimiento	15
Tabla II	Alternativas para disminuir el desgaste y la corrosión	17
Tabla III	Características de los materiales usados como transductores	22
Tabla IV	Condiciones de la Torre Deisobutanizadora	37
Tabla V	Características de la materia prima	38
Tabla VI	Producción de la Planta Deisobutanizadora	38
Tabla VII	Censo de Circuitos de Proceso	39
Tabla VIII	Censo de Unidades de Control de Líneas	41
Tabla IX	Listado de Unidades de Control de Equipos	43
Tabla X	Posiciones o puntos de medición	44
Tabla XI	Posiciones de medición de Líneas y algunos accesorios	45
Tabla XII	Ejemplos de Unidades de Control de Equipos	51
Tabla XIII	Arreglos Básicos de Niplería	53
Tabla XIV	Criterios de revisión de Tornillería	55
Tabla XV	Espesores de niveles de tubería	61
Tabla XVI	Características de la Tubería de la Unidad de Control	64
Tabla XVII	Espesores de niveles de tubería	65
Tabla XVIII	Espesores de niveles de niplería	69
Tabla XIX	Resultados de SIMECELE para la UC-DIB-018	70
Tabla XX	Resumen de los cálculos de SIMECELE para niveles normales	71
Tabla XXI	Resumen de los cálculos de SIMECELE para niveles críticos	71
Tabla XXII	Inspección de niveles de tornillería para Noviembre 2010	72
Tabla XXIII	Inspección Visual de la Unidad de Control	73
Tabla XXIV	Unidades de Control de Líneas capturadas en SIMECELE	74
Tabla XXV	Unidades de Control de Equipos capturadas en SIMECELE	76
Tabla XXVI	Análisis de Resultados de las Unidades de Control	79
Tabla XXVII	Espesores de niveles de tubería	96
Tabla XXVIII	Características de la Tubería de la Unidad de Control	99
Tabla XXIX	Ecuaciones para análisis de medición de espesores	100
Tabla XXX	Espesores de niveles de tubería	102
Tabla XXXI	Resumen de SIMECELE de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora	109
Tabla XXXII	Definición de algunos conceptos	121



ÍNDICE



ÍNDICE ANEXOS

<i>ANEXO</i>		<i>Pág.</i>
ANEXO I	Simbología para dibujar isométricos en AutoCAD	89
ANEXO II	Simbología para dibujar e interpretar un DTI	90
ANEXO III	DFP de la Planta Deisobutanizadora	91
ANEXO IV	DFP con los Circuitos Identificados	92
ANEXO V	DTI de la Planta Deisobutanizadora	93
ANEXO VI	DTI con las Unidades de Control Identificadas	94
ANEXO VII	Isométrico digitalizado de la UC-DIB-018 (106-21)	95
ANEXO VIII	Memoria de Cálculo de SIMECELE	96
ANEXO IX	Resumen de las Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora	109
ANEXO X	Programa Anual de Medición de Espesores	115
ANEXO XI	Registro de Niveles y Espesores de Calibración de Tubería	116
ANEXO XII	Inspección Visual de Tuberías de Proceso	117
ANEXO XIII	Registro de Calibraciones de Niveles de Niplería	118
ANEXO XIV	Análisis del Registro de Medición de Espesores	119



INTRODUCCIÓN



RESUMEN

El presente escrito describe la implementación de un sistema de integridad mecánica que es el **Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE)** aplicado en una planta de proceso específico como lo es una Planta Deisobutanizadora debido a que los fluidos que pasan a través de las tuberías (líneas) y equipos de las refinerías contienen sustancias abrasivas en altas cantidades además de condiciones de operación críticas en algunas secciones de planta que con el paso del tiempo desgastan y corroen los materiales. Con este sistema se pretende proporcionar un análisis de historiales de velocidades de desgaste para obtener un mantenimiento preventivo y predictivo ofreciendo una mayor seguridad en el área de trabajo, minimizando el tiempo de análisis de espesores y maximizando el tiempo de inspección. También se pretende que las actividades de mantenimiento se realicen de manera programada, realizar las requisiciones de materiales, accesorios, tuberías o equipos oportunamente y todo esto desarrollado bajo un ritmo normal de trabajo.

INTRODUCCIÓN

La preocupación por la seguridad es una de las características más sobresalientes de nuestra civilización, ello se denota de diversas formas, siendo una de las más significativas la cobertura de riesgos mediante las pertinentes pólizas de seguros. No hay ámbito de la actividad humana que sea ajeno a esta práctica, con la que intentamos precavernos respecto al daño que podamos sufrir por diversas actividades, siendo este daño biológico, económico o mixto.

Es de vital importancia para la industria química que la seguridad industrial tenga una alta prioridad en el diseño y operación de las instalaciones de procesos químicos.

Una de las maneras de evitar accidentes en una planta química es darle mantenimiento preventivo y predictivo a sus instalaciones ya que desgraciadamente la mayoría de los



INTRODUCCIÓN



accidentes han ocurrido debido al descuido o por no atender las necesidades requeridas del proceso.

Existen diversos métodos para el mantenimiento a las instalaciones de la industria química dependiendo del proceso que se tenga, en lo que se refiere a las refinerías, donde se manejan altas cantidades de hidrocarburos y sustancias peligrosas que son transportadas a través de tuberías (ductos) y equipos que con el tiempo se adelgazan debido a corrosión externa o interna del material y si no se atiende a tiempo éstos materiales pueden colapsar ocasionando graves accidentes.

Es importante notar que la medición de espesores tiene mucho que ver con la seguridad de las industrias químicas ya que si se detecta oportunamente alguna fisura o fuga en algún equipo o tubería se podrá cambiar a tiempo la pieza, además de evitar que se realice un mantenimiento correctivo pues este sistema nos permite determinar el tiempo en que se deba reemplazar y solicitarlo con suficiente tiempo de anticipación para que cuando llegue su fecha de retiro se tengan todas las piezas requeridas oportunamente.

En las industrias químicas como es el caso de las plantas que constituyen una refinería las tuberías (líneas) y equipos distribuyen y almacenan fluidos con propiedades abrasivas, así mismo se manejan condiciones de operación críticas en algunas secciones de la planta que con el tiempo corroen y desgastan los materiales por los que pasan los fluidos.

Aunque se han tomado precauciones para tratar de evitar que las tuberías y equipos se adelgacen rápidamente es necesario tener un sistema de medición de espesores de tuberías y equipos para determinar la fecha de cuándo hay que realizar una siguiente medición o en su defecto cambiar la pieza.



INTRODUCCIÓN



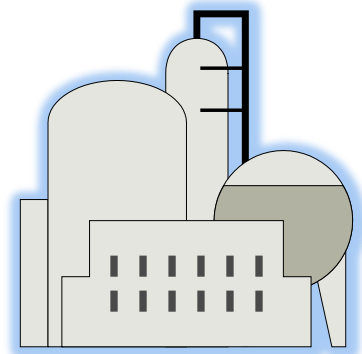
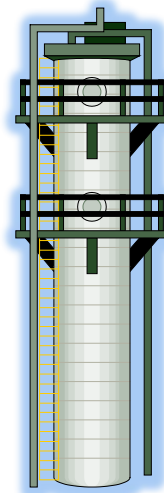
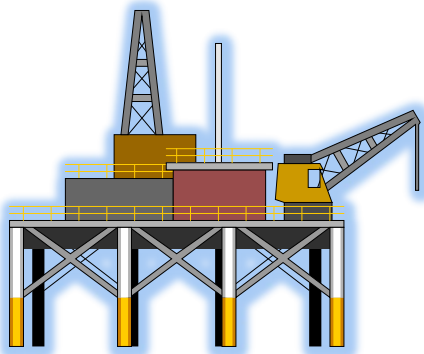
OBJETIVO GENERAL

- ✓ Implementar un sistema de integridad mecánica computarizado que ayude a analizar, detectar y predecir oportunamente la disminución de espesores debajo de los límites permisibles que puedan afectar la integridad mecánica de las tuberías y equipos para tomar las medidas necesarias a fin de prevenir la falla de los mismos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- ✓ Revisión bibliográfica de la integridad mecánica.
- ✓ Revisión bibliográfica de la normatividad vigente aplicable.
- ✓ Revisión bibliográfica del proceso de la Planta Deisobutanizadora.
- ✓ Identificar los Circuitos de Proceso en el Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).
- ✓ Identificar Unidades de Control (UC) en los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).
- ✓ Levantar y actualizar dibujos isométricos de líneas y equipos en campo.
- ✓ Digitalizar dibujos isométricos en el software AutoCAD.
- ✓ Revisar la información de la medición de espesores existente (historiales de medición).
- ✓ Realizar y revisar los análisis estadísticos para obtener las velocidades de desgaste, vida útil estimada, fecha de retiro probable y la fecha de la próxima medición de espesores de líneas y equipos.

CAPÍTULO I



MARCO TEÓRICO

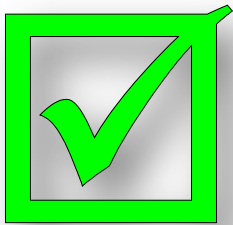


CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Integridad Mecánica

Muchos de los accidentes que ocurren en la industria química podrían ser prevenidos con una adecuada inspección y mantenimiento en los circuitos de tuberías en general, así como en equipos cilíndricos, horizontales, verticales y esféricos, filtros, reactores, torres, acumuladores, tanques de almacenamiento, cambiadores de calor, etc., ya que se detectarían oportunamente desgaste en los materiales, puntos por donde se pueden degollar o colapsar originando fugas de sustancias químicas tóxicas, corrosivas y/o inflamables.



La Integridad Mecánica es una filosofía de trabajo que tiene por objeto garantizar que todo equipo de proceso sea diseñado, procurado, fabricado, construido, instalado, operado, inspeccionado, mantenido o reemplazado oportunamente para prevenir fallas, accidentes o potenciales riesgos a personas, instalaciones y al ambiente. Estableciendo los criterios basados en datos históricos, normas y regulaciones de organismos, nacionales e internacionales, por mencionar algunos como:

- ✓ OSHA: Occupational Safety and Health Administration (Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud).
- ✓ ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- ✓ ASTM: American Society Testing Materials (Sociedad Americana de Ensaye de Materiales).
- ✓ ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).
- ✓ API: American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).
- ✓ ANSI: American National Standards Institute (Instituto Americano Nacional de Estándares).



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



- ✓ NOM: Norma Oficial Mexicana.
- ✓ SSPA: Sistema de Seguridad, Salud y Protección Ambiental.
- ✓ SIASPA: Sistema Integral para Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental.

La filosofía de integridad mecánica es aplicable en diferentes fases que van desde el diseño de los equipos hasta su desincorporación como se muestra en la Figura 1. La implementación de esta filosofía consiste en utilizar en cada fase toda la normativa y experiencia internacional que existe para asegurar la continuidad del proceso, la reducción de los impactos por fallas operacionales, los peligros y accidentes en planta. Es importante resaltar que las fases de operación y mantenimiento son desarrolladas en paralelo es decir mientras se opera se brinda mantenimiento (inspección, reparación). El liderazgo gerencial es considerado crucial en la implantación y el mantenimiento de un sistema de Integridad mecánica¹.

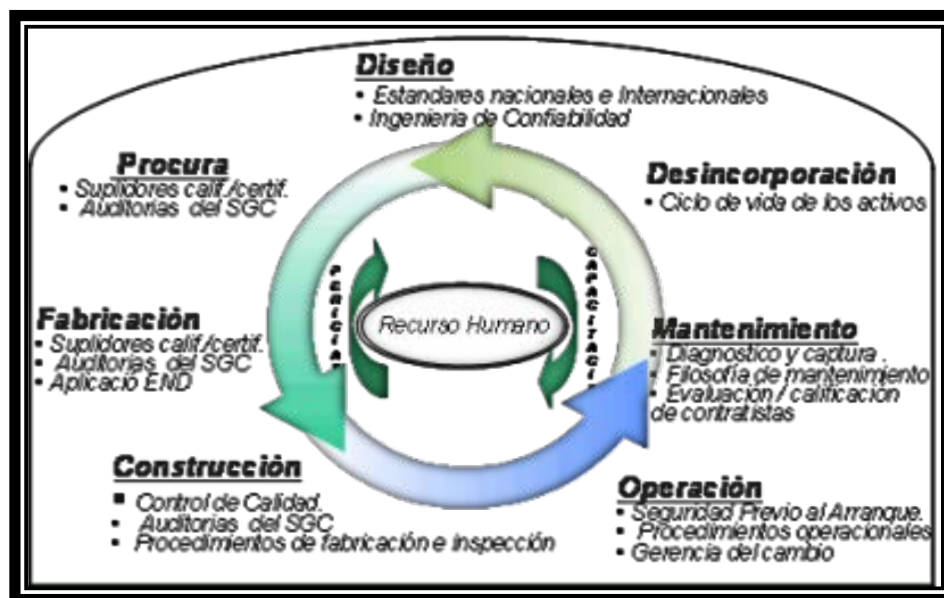


Figura 1. Flujograma de las diferentes fases de la Filosofía de Integridad Mecánica

¹ "Integridad Mecánica",

http://www.reliarisk.com/nuevo/index.php?option=com_content&task=view&id=300&Itemid=91



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



A continuación se describen las diferentes fases de la filosofía de la integridad mecánica:

Integridad mecánica desde el diseño: ésta fase se fundamenta en el cumplimiento de las normas y estándares nacionales e internacionales en la etapa de diseño de cada uno de los equipos que conforma una instalación y asegurar de esta manera el cumplimiento de la función para la cual fue requerido. Es importante en esta etapa “implantar confiabilidad desde el diseño”. Para ello la disciplina ingeniería de confiabilidad es fundamental de ésta fase.

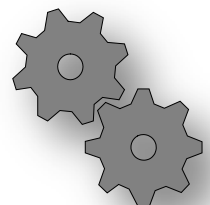
Integridad mecánica en la procura: ésta fase se fundamenta en el aseguramiento de calidad de los materiales y componentes de los equipos que serán adquiridos para conformar la instalación asegurando que las especificaciones de diseño sean cumplidas.

Integridad mecánica en la fabricación: ésta fase se fundamenta en la contratación de empresas certificadas y calificadas que aseguren la calidad de la fabricación de los componentes.

Integridad mecánica en la construcción: ésta fase se fundamenta en la implantación de sistema de control de calidad que asegure cumplimiento de las condiciones exigidas por el diseño, adicionalmente. Se deben definir documentos que demuestren que todos los equipos sean diseñados y fabricados de acuerdo a los códigos, normas y prácticas recomendadas de la buena ingeniería. Deben definirse procedimientos de control de calidad y facilitar su implantación para asegurar que los materiales cumplen las especificaciones cuando se los recibe. Los procedimientos de fabricación e inspección deben ser adecuados.



Integridad mecánica en la operación: ésta fase se fundamenta en el arranque y operación segura de los equipos. Requiere por parte del





CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



capital humano capacitación y conocimientos del proceso así como de los elementos de detección, aislamiento y mitigación con los que la planta o equipos cuentan.

Integridad mecánica en mantenimiento: ésta fase se fundamenta en el diagnóstico y captura de las condiciones de los equipos, ya que es la base de generación de información que alimenta la cadena de valor de mantenimiento.

Para ello es fundamental el establecimiento de la “Filosofía de Mantenimiento” de cada uno de los equipos, esta definición permitirá la generación de los planes de inspección y mantenimiento por equipo, asegurando de esta manera la continuidad del proceso, la reducción de los impactos por fallas operacionales, los peligros y accidentes en planta logrando “el mínimo impacto total al negocio”.

Se debe definir un plan de inspección que incluya los siguientes elementos:

- ✓ Identificación de equipos que necesitan Mantenimiento.
- ✓ Responsabilidades para realizar las labores de Mantenimiento.
- ✓ Establecimiento de las frecuencias y actividades de Mantenimiento.
- ✓ Adiestramiento calificación y certificación de personal.
- ✓ Establecimiento de bases de datos que aseguren el comportamiento histórico de los equipos.
- ✓ Evaluación de contratistas.

Integridad mecánica en la desincorporación de activos: ésta fase se fundamenta en la actualización constante de la tecnología, se soporta en el uso de metodologías de confiabilidad que apuntan al análisis del ciclo de vida de los activos, especialmente para evaluar opciones como:

- ✓ Desincorporar activos.
- ✓ Cambios de tecnología en los activos.
- ✓ Reparar vs. Reemplazar.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Seguridad Industrial

El riesgo industrial está asociado a la explotación sistemática de las fuerzas y los fenómenos del mundo físico, cuyas leyes son bien conocidas y cuyos efectos se pueden predecir con notoria precisión. Es cierto que la precisión absoluta es inalcanzable, pues el comportamiento de los materiales frente a sollicitaciones exigentes o las reacciones de los seres humanos que manejan máquinas o controlan procesos no puede garantizarse con total fiabilidad.

Por tanto, las averías de equipos y los fallos humanos son causa fundamental de contenido aleatorio que también afecta a las actividades industriales. La diferencia respecto de los otros riesgos es que en el ámbito industrial se puede aplicar una sistemática que reduce los efectos de estos riesgos hasta niveles incomparablemente menores.

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos en la industria tanto del factor humano como de los equipos y área en que se trabaja basada en el estudio de normas y métodos tendientes para garantizar la protección personal, la comunidad, el medio ambiente así como de las instalaciones².

La seguridad industrial tiene el objetivo fundamental de evitar daños o mitigar las consecuencias de éstos y que estos daños van asociados a un determinado tipo de riesgo.

El concepto de riesgo es *estocástico por naturaleza*. Si se pudiera de manera determinista fijar el daño causado inexorablemente por una actividad y éste no pudiera variar (a peor ni a mejor) dicho daño se incorporaría a los propios resultados de la actividad, recibiría su tratamiento económico y no habría que cubrirlo con una póliza de

² "Seguridad Industrial", <http://www.gestiopolis.com/canales/emprendedora/articulos/17/segindustrial.html>



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



seguros o precaución similar. La definición convencional del riesgo corresponde al producto del daño causado por la probabilidad de que tal daño se produzca³.

Desgaste

La pérdida de material que sufren las paredes de la tubería, recipientes a presión, válvula o conexión, por abrasión o por la acción corrosiva del fluido manejado o del medio ambiente donde se encuentra instalada se debe a un fenómeno llamado desgaste. No debe considerarse como desgaste la corrosión localizada, ni el deterioro tipo metalúrgico.

El desgaste se define como “la progresiva pérdida de material desde las superficies deslizantes por la acción del rozamiento”⁴.

Los procesos de desgaste en materiales se clasifican según el tipo de mecanismo que causa la eliminación de material de las superficies. La mayoría de los procesos de desgaste implican aparentemente la adhesión de las rugosidades superficiales y el corte subsecuente de las uniones o un proceso directo de abrasión de una superficie blanda por medio de un material más duro.

En suma los tipos de desgaste pueden clasificarse por mecanismos de rozamiento descritos. Así pues una clasificación primaria es:

- a) Desgaste Cohesivo: es la ruptura de partículas que constituyen los promontorios, que anteriormente se habían soldado por lugar distinto a las soldaduras.
- b) Desgaste Abrasivo o Interferencial: queda justificado por el arranque de partículas cuando las superficies rozantes son de muy diferente dureza.

³ MUÑOZ ANTONIO, et. al., “La Metodología de la Seguridad Industrial”.

⁴ FERRER GIMENEZ, CARLOS y AMIGO BORRAS, VICENTE, “Tecnología de materiales” Editorial de la UPV, España, 2003.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Corrosión

Uno de los fenómenos naturales en los que hay que poner atención y causante de muchísimos accidentes es la corrosión. La disminución de la vida útil de los materiales por acción de contaminantes en el ambiente y, a su vez, la contaminación de productos y del medio circundante debido a la corrosión de los materiales en contacto con ellos, son problemas alarmantes que no pueden ser dejados de lado, por ello, los países industrializados invierten enormes sumas en la investigación y aplicación de métodos para prevenir la corrosión.

La corrosión se puede definir como “la interacción de un metal con el medio que lo rodea llevándose a cabo una reacción química o electroquímica produciendo un deterioro parcial o total tanto en sus propiedades físicas como químicas, ocasionando que los metales regresen a su estado original”⁵.

El término corrosión se aplica a la acción gradual de agentes naturales como: el aire, el agua salada o medios radioactivos sobre los metales.

Los daños causados por un problema de corrosión pueden ser muy amplios entre los que destacan⁶:

- ✓ Efectos indeseables en equipos, tuberías y maquinarias.
- ✓ Inversiones en mantenimiento.
- ✓ Paro de proceso.
- ✓ Daños al ambiente.

⁵ VAN DRAFFELAARLT, “Corrosion and Control an Introduction to the Subject”, National Associations of Corrosion Engineers, Houston Texas, EEUU, 1995.

⁶ TREJO JUAREZ, VANESSA, Tesis “Propuesta para Implementar un Sistema de Medición de Espesores en Líneas y Equipos de la Sección de Fraccionamiento de una Planta F.C.C.”, Facultad de Química, UNAM, 2006.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la corrosión están las siguientes⁴:

- ✓ Uso de materiales de gran pureza.
- ✓ Presencia de elementos de adición en aleaciones, ejemplo aceros inoxidable.
- ✓ Tratamientos térmicos especiales para homogeneizar soluciones sólidas, como el alivio de tensiones.
- ✓ Inhibidores que se adicionan a soluciones corrosivas para disminuir sus efectos, ejemplo los anticongelantes usados en radiadores de los automóviles.
- ✓ Recubrimiento superficial: Pinturas, capas de óxido, recubrimientos metálicos.

Corrosión en Tuberías de Acero⁷

Una tubería de acero vista al microscopio presenta una configuración similar a la Figura 2 “granulada”. Cada uno de estos “granos” de acuerdo al proceso de fabricación y calidad del material, se comportan como un electrodo con una tendencia anódica o catódica específica.

Para que se conforme una pila o se cierre el circuito entre estos polos, es necesario un cable o medio electrolítico que transporte los electrones como se muestra en la Figura 3.

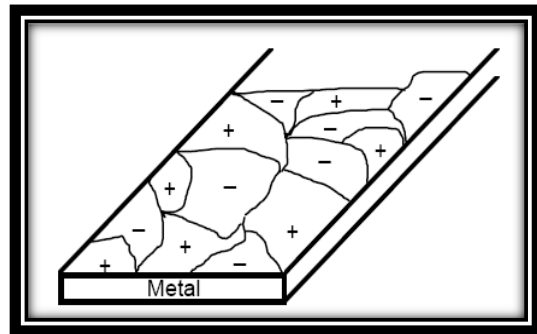


Figura 2. Vista ampliada de una superficie metálica.

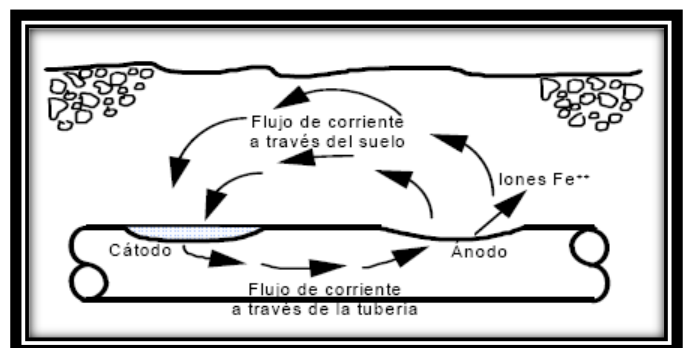


Figura 3. Transporte de electrones.

⁷“Corrosión en Tuberías” http://www.monografias.com/corrosion_tuberias/



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



La zona con tendencia anódica cede electrones y la zona de tendencia catódica los recibe. El equivalente eléctrico de este circuito o celda de corrosión lo observamos en la Figura 4.

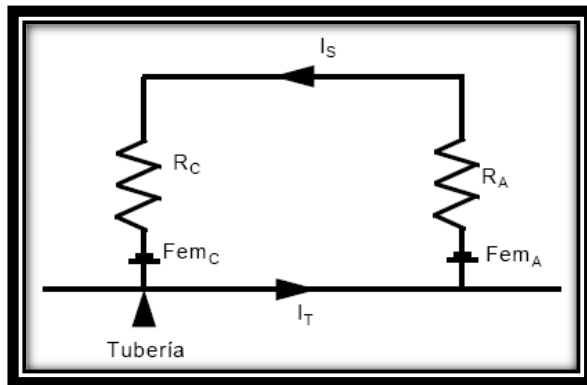


Figura 4. Equivalente eléctrico del circuito de corrosión.

En la interfase entre el metal y el fluido existe una fuerza electromotriz (FEM), también llamado potencial de referencia. Cuando la corriente fluye, la fuerza electromotriz cambia de tal manera que las proximidades entre el metal y el fluido pueden ser representadas por una resistencia en serie con una fuente de FEM.

Estos dos circuitos juntos representan una celda de corrosión en la que la FEM es el potencial del cátodo, R_C la resistencia del cátodo, FEM_A es el potencial del ánodo, R_A es la resistencia del ánodo y finalmente I es la corriente a través del circuito.

Protección contra la Corrosión en Tuberías⁶

Todo material metálico sin la debida protección y en un medio que propicie el intercambio de electrones es susceptible a corroerse. Existen cuatro métodos comúnmente utilizados para controlar la corrosión en tuberías, estos son recubrimientos protectores y revestimientos, protección catódica, selección de materiales e inhibidores de corrosión.

Recubrimientos y revestimientos: éstas son las principales herramientas contra la corrosión, a menudo son aplicados en conjunción con sistemas de protección catódica para optimizar el costo de la protección de tuberías.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Protección Catódica: es una tecnología que utiliza corriente eléctrica directa para contrarrestar la normal corrosión externa del metal del que está constituido la tubería. La protección catódica es utilizada en los casos donde toda la tubería o parte de ella se encuentra enterrada o sumergida bajo el agua. En tuberías nuevas, la protección catódica ayuda a prevenir la corrosión desde el principio; en tuberías con un período de operación considerable puede ayudar a detener el proceso de corrosión existente y evitar un deterioro mayor.

Selección de Materiales: se refiere a la selección y empleo de materiales resistentes a la corrosión, tales como: acero inoxidable, plásticos y aleaciones especiales que alarguen la vida útil de una estructura, sin embargo, en la selección de materiales resistentes a la corrosión el criterio fundamental no es, en esencia, la protección de una estructura, sino la protección o conservación del medio donde esta existe.

Inhibidores de Corrosión: un inhibidor de corrosión es un material que fija o cubre la superficie metálica, proporcionando una película protectora que detiene la reacción corrosiva⁸.

También son sustancias sin reaccionar en el proceso que aplicadas a un medio particular reducen el ataque de agentes corrosivos sobre el material, ya sea metal o acero de refuerzo en concreto. Los inhibidores de corrosión extienden la vida de las tuberías y equipos previniendo fallas y evitando escapes involuntarios.

Mantenimiento

Con el propósito de que una planta funcione adecuadamente hay que darle mantenimiento a sus instalaciones para tratar de prevenir accidentes dando seguridad a la planta y por consiguiente al personal. Se refiere a mantenimiento a todos los trabajos

⁸ "Selección de un Inhibidor de Corrosión",
<http://www.cimcool.ca/html/spanish/documents/SelecciondeunInhibidordeCorrosion.pdf>



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



desarrollados con el propósito de conservar en condiciones de trabajo una máquina o un equipo además que es un trabajo de rutina que se requiere para conservar en servicio una máquina, un equipo, una instalación, etc.

La importancia del mantenimiento radica en que permite tener las máquinas, equipos e instalaciones de cualquier planta industrial operando de una manera eficiente y segura. Esto se logra mediante una planeación programada que permita desarrollar estrategias para hacer frente a las diversas situaciones que puedan surgir en el desarrollo de las actividades cotidianas, así como del personal capacitado y colaborar en esta tarea⁹.

El mantenimiento a equipo mecánico y eléctrico tiene gran relevancia, debido a que son los medios de transporte o el elemento básico para que se efectúe cualquier proceso industrial, de igual manera, los servicios auxiliares como son: vapor, agua, aire comprimido, etc., son proporcionados por unidades diseñadas para dar esta función y como consecuencia deben ser incluidos en los planes de mantenimiento¹⁰.

En la Tabla I que se muestra a continuación se muestran algunos sistemas de mantenimiento que se emplean en las industrias químicas¹⁰.

Tabla I. Sistemas de Mantenimiento

Nombre	Descripción	Ejemplos
Emergencia	Trabajos urgentes y costosos que se llevan a cabo en equipo de producción crítica	Ruptura de una tubería de proceso
Correctivo	Ajuste de fallas a medida que se presentan	Cambio de niplería
Preventivo	Conjunto de trabajos encaminados a evitar paros probables en máquinas y equipos	Medición de espesores periódicamente
Predictivo	Es detectar fallas por revelación antes de que sucedan, sin perjuicio en la producción, usando instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas	Vibración excesiva

⁹ AVILA ZAMUDIO Juan Carlos, Tesis “Mantenimiento a Equipo de Operaciones Unitarias”, Facultad de Química UNAM, México 2001.

¹⁰ ING. LEÓN ALEGRÍA Carlos, “Mantenimiento Industrial”, Centro Nacional de Productividad, PDF.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Tabla I. Sistemas de Mantenimiento (continuación).

Nombre	Descripción	Ejemplos
Por etapas	Aplica el mantenimiento al equipo subdividiéndolo en máquinas, secciones, mecanismos y partes	Reparar mecanismos
Periódico	Dar mantenimiento en forma integral después de cada etapa determinada de trabajo	Medición de espesores cada determinado tiempo
De reparaciones mayores	Trabajos de mantenimiento que consumen grandes cantidades de mano de obra materiales, tiempo y dinero	Rehabilitación general de maquinaria. Paro de planta
Sintomático	Trabajos basados en los síntomas registrados durante la operación	Ruidos extraños
Continuo	Proporcionar en forma permanente el servicio para garantizar el trabajo de una máquina o equipo	Mantenimiento a bombas
Mixto	Aplicación combinada de correctivo y preventivo	Ajustar tensión de bandas

Medición de Espesores

Los fluidos que son transportados a través de tuberías y equipos con el tiempo van desgastando las paredes provocando que los espesores se adelgacen hasta romperse y puedan originarse accidentes graves por lo que se tiene que realizar una medición de espesores. Otro problema que se ocasiona como consecuencia es que se detiene la producción por falta de diferentes servicios.

Se podría definir a la Medición Preventiva de Espesores como el trabajo de medición sistemática de espesores en pared de tuberías y equipos evitando deformaciones, fugas, fisuras o explosión⁶.

La medición preventiva de espesores es aplicada a cualquier equipo o línea de una planta química y la información que proporcione será de utilidad para conocer el estado en que se encuentra hasta el momento. Una serie de mediciones realizadas en una pieza dada al ser comparadas adecuadamente con las obtenidas en fechas diferentes



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



proporcionan información sobre el comportamiento de la pieza en el ambiente y condiciones en que presta servicio.

El hombre ha tomado precauciones para disminuir la velocidad de desgaste de las paredes de los equipos y tuberías pero aún no se ha encontrado el material que pueda resolver completamente este problema que sin duda alguna afecta la economía de las empresas. En las refinerías se ha tratado de disminuir este problema viendo cuáles son los lugares donde la corrosión es mayor y buscando alternativas para disminuirlos. En la Tabla II que se muestra a continuación se muestran algunos ejemplos de alternativas para disminuir el desgaste y la corrosión:

Tabla II. Alternativas para disminuir el desgaste y la corrosión

Corrosión Alta	Causas	Formas de Disminuir el Desgaste y la Corrosión
En Domos de las Torres Fraccionadoras/Destiladoras	Por causa del H ₂ S, HCl o sustancias corrosivas y/o abrasivas que van a los domos	Colocan materiales de mayor resistencia a la corrosión. Inyección de inhibidores
En codos de tuberías	Cuando hay cambio de dirección	Aumentan la cédula del material
En puntos donde se agrega un reactivo o catalizador al proceso	Cuando se le inyecta cualquier sustancia al proceso	Agregan inhibidores
En Tanques de almacenamiento	Cuando hay una interfase HC-Agua o HC-Aire	Colocan materiales de mayor resistencia a la corrosión
En Procesos de desalación	Exceso de sales en el crudo	Utilizan materiales de mayor resistencia a la corrosión (Aleaciones)
En Procesos de desulfuración	H ₂ S del proceso	Introducen un material para que cuando entre en contacto el fluido sea con el material que se metió y no con las paredes del equipo (protección catódica)

Las alternativas antes mencionadas para disminuir el desgaste y la corrosión solo procuran reducir la velocidad de desgaste de tuberías y equipos, pero sin duda es un método para minimizar el cambio de materiales prolongando un poco más la vida útil.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Métodos de Inspección

Existen diferentes métodos para la medición de espesores en equipos y tuberías, se prefiere realizar la inspección de una manera en la que la pieza a inspeccionar no se altere por lo que es recomendable realizar Pruebas No Destructivas o Ensayos No Destructivos (END) que son la aplicación de métodos físicos indirectos que tienen por finalidad verificar la sanidad de un material, sin alterar de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.

Entre las pruebas más usadas son las siguientes^{11 12}:

Inspección Visual: es la más usada debido a su facilidad de aplicación, hay que tener en cuenta su accesibilidad, iluminación y ángulos de visión. El equipo requerido es una lente de aumento y normas de buena ejecución. Se deben revisar defectos superficiales, grietas, porosidad, cráteres. Las ventajas son costos reducidos, puede realizarse mientras se realiza el trabajo, permite la corrección de los defectos, señala procedimientos erróneos. Las desventajas son que puede aplicarse únicamente a los defectos superficiales y que no provee un registro permanente y continuo.

Radiográfico: la prueba radiológica utiliza radiación de alta energía capaz de penetrar en los materiales sólidos, la condición interna de éstos materiales es registrada en una película radiográfica o pantalla fluorescente. Esta prueba es factible de ser utilizada en una amplia variedad de materiales y formas para detectar discontinuidades en la superficie o en el interior. El equipo requerido son unidades comerciales para rayos "X" o gama para exámenes de soldadura y de piezas fundidas o forjadas, películas e instalaciones para su procesamiento y equipos para la inspección fluoroscópica. Se deben revisar defectos internos macroscópicos, grietas, porosidad, sopladuras e inclusiones no metálicas. Las ventajas son que permite la obtención de un registro permanente, puede observarse en la pantalla fluoroscópica la inspección interna a

¹¹ "Mantenimiento Industrial" <http://www.mantenimiento-predictivo.com>

¹² "Teoría y Prácticas de Ensayos No Destructivos", IPN México.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



costo reducido. Las desventajas son que requiere habilidad en la medición de ángulos de exposición y la interpretación de los resultados, requiere medidas de seguridad radiológicas y en general no resulta aceptable para la inspección de soldadura en ángulo interior.

Partículas Magnéticas: el magnetismo de la materia resulta de los movimientos de los electrones alrededor del núcleo. Cada electrón a causa de su movimiento genera un minúsculo campo magnético, entre el movimiento de todos los electrones se genera un campo magnético más o menos intenso y perceptible para la materia. El equipo requerido es especial para este tipo de ensayos y de polvos magnéticos en forma seca o parcialmente húmedos. Se deben revisar las discontinuidades de la superficie. Las ventajas que proporciona son costos relativamente bajos y es más sencilla y práctica que la radiográfica. Las desventajas son que puede emplearse únicamente con materiales ferromagnéticos, se requiere habilidad para descubrir e interpretar los defectos o las configuraciones no significativas, difícil de realizar sobre las superficies ásperas y las piezas deben de desmagnetizarse.

Líquidos Penetrantes: permite la detección de discontinuidades superficiales en materiales ferrosos y no ferrosos. Los líquidos penetrantes tienen la propiedad de filtrarse a través de las discontinuidades que tienen los materiales basándose en la acción capilar, la que origina que el líquido ascienda o descienda a través de 2 paredes cercanas, también se basa en el principio de cohesión, viscosidad, adherencia y tensión superficial. Las ventajas de éste tipo de inspección son que se pueden aplicar a todo tipo de materiales, es una prueba económica y práctica.

Ultrasónico: éste método es el que más se ocupa en la medición de espesores de líneas y equipos en la industria, además de que es el que se va a emplear para la implementación del sistema de medición de espesores que se está desarrollando.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Mediante el ultrasonido y los procedimientos recomendados por ASME y API se puede determinar los espesores de las partes de equipos expuestos a corrosión, abrasión o desgaste pues se emplea energía de vibración mecánica de alta frecuencia para revelar y localizar discontinuidades en los materiales⁵.

La medición por ultrasonido consiste en una vibración mecánica con un rango mayor al audible por el oído humano que se transmite a través de un medio físico y es orientado, registrado y medido en Hertz (Hz) con ayuda de un aparato creado para este fin.



Los parámetros a controlar en un Sistema Ultrasónico son¹³:

- ✓ Sensibilidad. Es la capacidad de un transductor para detectar discontinuidades pequeñas.
- ✓ Resolución. Es la capacidad para separar dos señales cercanas en tiempo o profundidad.
- ✓ Frecuencia central. Los transductores deben utilizar en su rango de frecuencia especificado para obtener una aplicación óptima.
- ✓ Atenuación del haz. Es la pérdida de energía de una onda ultrasónica al desplazarse a través de un material. Las causas principales son la dispersión y la absorción.

Medición de Espesores por el Método Ultrasónico¹²

Una pulsación eléctrica es generada por un instrumento de prueba (equipo de ultrasonido) y transmitida al cristal del transductor que convierte la pulsación eléctrica en oscilaciones o vibraciones mecánicas por medio del efecto piezo-eléctrico inverso. Estas vibraciones de bajo grado de energía se transmiten a través de un líquido de acoplamiento dentro de la pieza que se prueba, en donde la energía ultrasónica puede

¹³ Instructivo del DMS2 Utilizado para la Medición de Espesores.

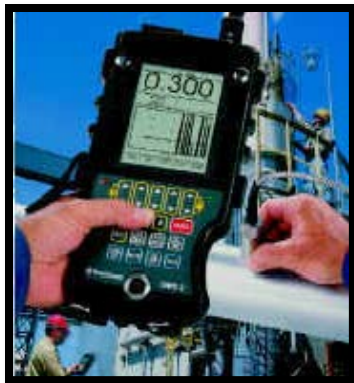


CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



ser atenuada, reflejada o entrar en resonancia para indicar la presencia de discontinuidades.

La energía de sonido reflejada en el material, es reconvertida en energía eléctrica mediante el cristal del transductor y se retorna al instrumento de prueba por el efecto piezoeléctrico directo, en donde se amplifica. La energía recibida se exhibe comúnmente en un tubo de rayos catódicos (pantalla) en forma de picos o pulsos.



El principio del medidor de espesores se basa en el resultado matemático de la multiplicación entre el tiempo que tarda un pulso ultrasónico en viajar a través de una pieza de prueba y la velocidad acústica del material. Cuando se quiera realizar alguna inspección hay que verificar que la velocidad acústica con la que el equipo fue calibrado sea la misma que la del material que se va a inspeccionar, esto con el fin de minimizar posibles errores.

Los componentes del equipo ultrasónico para la medición de espesores son¹³:

Transductor

Es el medio por el cual la energía eléctrica se convierte en energía mecánica (ondas sonoras) o viceversa. Opera debido al efecto piezoeléctrico, el cual consiste en que ciertos cristales cuando se tensionan, se polarizan eléctricamente y generan voltaje eléctrico entre las superficies opuestas. Esto es reversible en el sentido de que al aplicar un voltaje a través de las caras de un cristal, se produce una deformación del mismo. Este efecto microscópico se origina por las propiedades de simetría de algunos cristales.

En la Tabla III se muestran las características de los materiales usados como transductores en los palpadores:



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Tabla III. Características de los materiales usados como transductores

Material	Eficiencia como Transmisor	Eficiencia como Receptor	Sensibilidad	Poder de Resolución	Características Mecánicas
Cuarzo	Mala	Media	Escasa	Optima	Buena
Sulfato de Litio	Media	Buena	Buena	Optima	Soluble en agua
Titanio de Bario	Buena	Media	Optima	Media	Frágil
Metaniobato de Bario	Buena	Media	Optima	Optima	Buena
Zirconato titanato de plomo	Buena	Media	Optima	Media	Buena

Para la elección del transductor se deben de tomar en cuenta:

- ✓ Clase de cristal: con la elección de cada clase de cristal se puede variar el poder resolutivo y la sensibilidad de los transductores.
- ✓ Diámetro del cristal: entre mayor sea el diámetro del cristal se obtiene una mayor profundidad de penetración, asimismo una mayor longitud en un campo cercano y una menor divergencia.
- ✓ Frecuencia: con la elección de una mayor frecuencia se obtiene mayor posibilidad para la identificación de discontinuidades pequeñas, mayor longitud de campo cercano, mayor poder resolutivo, menor profundidad de penetración y mínima divergencia.

Palpador

Es el instrumento que permite el contacto con el objeto a realizar la medición. A continuación se mencionan algunos tipos de palpadores y sus características:

- ✓ Palpador de contacto: se coloca directamente en la superficie de prueba aplicando presión y un medio de acoplamiento. Se fabrica para inspecciones de haz recto.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Para proteger el transductor de la abrasión, se cubre con un material duro como el óxido de aluminio.

- ✓ Palpadores de haz recto: emite ondas longitudinales con frecuencias de 0.5 a 10 MHz. Se emplea generalmente para la inspección de piezas en las que se puede colocar directamente la unidad de prueba sobre el área de interés las discontinuidades son paralelas a la superficie de contacto. También es útil en la detección de discontinuidades y en la medición de espesores.



- ✓ Palpadores de incidencia angular: genera ondas de corte, de superficie y de placa. Se construye acoplando una unidad de haz recto a una de las caras de una zapata de plástico, al cual presenta determinado ángulo de refracción. Se emplea en los equipos de pulso eco y su aplicación es casi exclusiva en la detección de discontinuidades orientadas perpendicularmente a la superficie de prueba.
- ✓ Tipos de Palpadores angulares: de acuerdo a su tamaño frecuencia, forma, tipo de compatibilidad de la zapata. Tienen marcado en la zapata el ángulo de refracción del sonido dentro del material de prueba, los ángulos comerciales para el acero son 35, 45, 60, 70, 80, 90 grados.

Acoplante

Líquido más o menos viscoso que se utiliza para permitir el paso de las ondas del transductor a la pieza que se está examinando, ya que las frecuencias que se utilizan para materiales metálicos no se transmiten en el aire.

Un buen acoplante debe ser capaz de mojar la superficie y el palpador, viscosidad adecuada, baja atenuación (que el sonido se transmita al 100%), bajo costo, removible, no tóxico, no corrosivo, impedancia acústica adecuada.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Algunos tipos de acoplantes son: agua, aceite, grasa, glicerina, vaselina.

Bloque de calibración

Los patrones de referencia pueden ser un bloque o juego de bloques con discontinuidades artificiales o espesores conocidos. Son empleados para calibrar equipos de ultrasonido y para evaluar las indicaciones de las discontinuidades de la muestra inspeccionada.

Los bloques de calibración deben de tener las mismas propiedades físicas, químicas y de estructura que el material a inspeccionar.

Por medio de los bloques de calibración se puede:

- ✓ Verificar que el sistema compuesto por el transductor, cable coaxial y el equipo funciona correctamente.
- ✓ Fijar la ganancia o la sensibilidad con la cual se detectarán discontinuidades equivalentes a un tamaño especificado o mayores.

En la Figura 5 se muestra un esquema de las fases que realiza el medidor de espesores en un tramo de tubería.

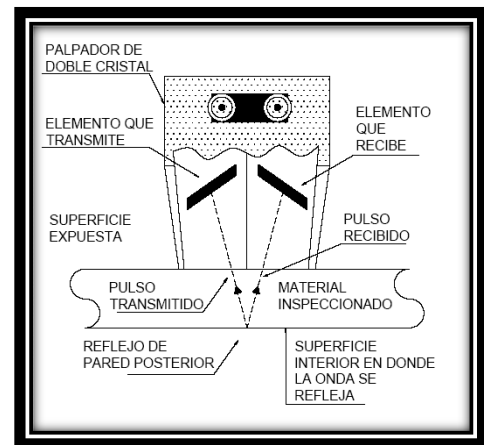


Figura 5. Fases del medidor en tubería.

Las ventajas de la medición de espesores por el método ultrasónico son:

- ✓ La prueba se efectúa más rápidamente obteniendo resultados inmediatos.
- ✓ Se tiene mayor exactitud al determinar la posición de las discontinuidades internas; estimando sus dimensiones, orientación y naturaleza.
- ✓ Alta sensibilidad para detectar discontinuidades pequeñas.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



- ✓ Alta capacidad de penetración, lo que permite localizar discontinuidades a gran profundidad del material.
- ✓ Buena resolución que permite diferenciar dos discontinuidades próximas entre sí.
- ✓ Solo requiere acceso por un lado del objeto a inspeccionar.
- ✓ No requiere de condiciones especiales de seguridad.

Las limitaciones de la medición de espesores por el método ultrasónico son:

- ✓ Baja velocidad de inspección cuando se emplean métodos manuales.
- ✓ Requiere de personal con una buena preparación técnica y gran experiencia.
- ✓ Dificultad para inspeccionar piezas con geometría compleja, espesores muy delgados o de configuración irregular.
- ✓ Dificultad para detectar o evaluar discontinuidades cercanas a la superficie sobre la que se introduce el ultrasonido.
- ✓ Requiere de patrones de calibración y referencia.
- ✓ Es afectado por la estructura del material (tamaño de grano, tipo de material).
- ✓ Alto costo del equipo.
- ✓ Se requiere de un agente acoplante.

Las precauciones de la medición de espesores por el método ultrasónico son:

- ✓ La información se obtiene a partir de las áreas a las cuales tiene acceso el haz. Hay que tener mucho cuidado al momento de hacer conclusiones acerca de las áreas a las cuales tiene acceso el haz o cuales quedan fuera de los límites. Por ejemplo, cuando se inspecciona un material grueso, puede resultar imposible o poco práctico inspeccionar la totalidad de la pieza.
- ✓ Cuando se tiene que realizar una inspección por muestreo, hay que ver las áreas especificadas a inspeccionar. Las conclusiones que se hagan acerca de la condición en la que se encuentran las áreas no inspeccionadas, a partir de los datos que se obtuvieron de las áreas que si fueron inspeccionadas, solo deben ser realizadas por



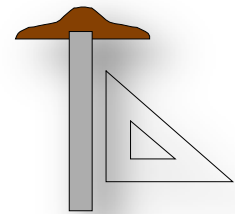
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



personal altamente capacitado en técnicas estadísticas y probabilidad aplicables. En particular los materiales sujetos a erosión o corrosión pueden variar significativamente su condición en cualquier área.

Diagramas Técnicos de Proceso

Las empresas toman decisiones con base en la información contenida en los documentos que tienen y por lo tanto, si los documentos tienen errores, omisiones, son confusos, ilegibles o tienen complejidades innecesarias que dificulten su comprensión, pueden tomarse decisiones inadecuadas con consecuencias de menor o mayor gravedad dependiendo del uso de dicha información.



Los diagramas técnicos de las plantas de cada refinería contienen información muy importante para industrias químicas, la cual es utilizada en muchas de las actividades que realiza (operación, mantenimiento, evaluación, inspección, etc.), por lo que dichos documentos deben ser:

- ✓ Completos.
- ✓ Legibles (cuidando el tamaño de letra, la claridad y el espaciamento).
- ✓ Fáciles de leer y entender (cuidando el orden y la distribución de los elementos).

Para su utilización dentro de los sistemas de administración, los diagramas técnicos deberán:

- ✓ Ser aprobados de que son adecuados y confiables para su uso previamente a su publicación.
- ✓ Ser revisados, actualizados y nuevamente aprobados según se requiera. En este aspecto es importante que los diagramas puedan revisarse y actualizarse fácilmente.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



- ✓ Tener claramente identificados los cambios que se han hecho y el estado de la revisión actual de cada documento.
- ✓ Estar disponibles, en su versión más reciente, en los lugares donde se les requiera.
- ✓ Ser legibles y fácilmente identificables.

Estos criterios fundamentales se deberán tomar en cuenta en todas las actividades que se realicen (digitalización, actualización, revisión, publicación y distribución) con los diagramas técnicos.

Diagramas de Flujo de Proceso (DFP)

Los diagramas de flujo de proceso (DFP) deberán mostrar el flujo básico del proceso. En general deberá mostrar la tubería principal de todo el equipo mayor, la instrumentación básica de control del proceso y requerimientos o partes especiales.

El diagrama de flujo de proceso normalmente deberá presentar los datos siguientes:

- ✓ Presión y temperatura de todas las líneas de cada recipiente.
- ✓ Flujo y calidad del vapor de calentamiento.
- ✓ Tipo de agua de enfriamiento y su temperatura.
- ✓ Capacidad térmica de cambiadores de calor y de calentadores.
- ✓ Capacidad actual de bombas (no indicar la capacidad de diseño).
- ✓ Tabla de balance de material. Para su integración, deberán identificarse las corrientes en las líneas de proceso, mediante un número dentro de una figura en forma de rombo.
- ✓ Tipo de instrumentos de control básico.
- ✓ Dimensiones de recipientes y torres.

Es muy importante colocar las flechas que indican la dirección del flujo en las líneas del proceso.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Dibujos Isométricos

Los diagramas isométricos de líneas son diagramas con una vista de 30° con respecto a una vista lateral indicando los cuatro puntos cardinales como referencia, se utilizan para representar la tubería, accesorios, instrumentación, etc. como está en campo, es decir, es un diagrama en 3 dimensiones. En esos diagramas se indican todos los codos, reducciones y las tees para poner la tubería tal como está instalada.

En el caso de los dibujos isométricos de equipos se representan en 2 dimensiones ya que es muy complejo realizarlo en 3 dimensiones. Se realizan con respecto a dos vistas tomando en cuenta los puntos cardinales (vista norte, sur, oriente o poniente). Se recomienda que sea una vista norte o sur y una vista oriente o poniente y que represente la orientación de los accesorios o instrumentación que tenga dicho equipo.

En el Anexo I se muestra la simbología para dibujar isométricos en AutoCAD así como para su interpretación.

Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI)

Un diagrama de tubería e instrumentación (DTI) es la representación gráfica de la secuencia de equipos, tuberías y accesorios que conforman una sección de la planta. Debe contener información exacta, clara y completa, con la mínima complejidad, mostrando todos los componentes que forman el sistema que representa. También pueden ser nombrados como Diagrama Mecánico de Flujo o Diagrama de Flujo de Ingeniería.

En el Anexo II se muestra la simbología aplicada para dibujar e interpretar un DTI en AutoCAD.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE)

¿Qué es el SIMECELE?

Es un sistema que aprovecha las nuevas tecnologías para mejorar la administración y control de la información, además de las actividades relacionadas con la integridad mecánica de los equipos en las instalaciones de proceso de refinación.

Consiste de una serie de módulos de software para la generación y consulta de la información relacionada con la inspección técnica así como para la administración y control del trabajo de inspección. Estos sistemas están en mejora continua, para aplicar la experiencia y el buen criterio del personal del centro de trabajo facilitando el trabajo común y ayudando a identificar los posibles errores. Este sistema se basa y aplica la norma DG-SASIPA-IT-00204 “Guía para el Registro, Análisis y Programación de Medición Preventiva de Espesores”¹⁴.

El sistema también incluye una aplicación capaz de capturar datos directamente en campo desde algún medidor ultrasónico de espesores, identificar claramente los puntos que se están midiendo y analizar los datos en la misma toma, respecto al historial. Esto permite identificar las anomalías en el momento de la medición y disminuye el error humano en la toma de las mediciones por recaptura, dictado de valores y/o mala identificación del punto medido.

La implementación de este sistema en los centros de trabajo impacta en la mejora de las prácticas de la administración de la integridad mecánica en las instalaciones, tales como:

- ✓ Disponibilidad de la información de tecnología del proceso en la Intranet.

¹⁴ Norma DG-SASIPA-IT-00204 “Guía para el Registro, Análisis y Programación de Medición Preventiva de Espesores”, Febrero, 2010.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



- ✓ Información actualizada y disponible de los expedientes de inspección técnica de líneas y equipos de proceso.
- ✓ Actualización rápida y sencilla de los diagramas isométricos de inspección.
- ✓ Control y administración del trabajo de inspección, que mejorará la eficacia en el trabajo cotidiano de medición de espesores en líneas y equipos.

En la Figura 6 se muestra la página de bienvenida del SIMECELE donde se muestran los módulos, barra de menú, árbol de tareas, menú de ayuda y el nombre del usuario.



Figura 6. Imagen de bienvenida del SIMECELE.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



¿Para quién es el SIMECELE?

Para todos aquellos que intervengan en el análisis de medición de espesores en líneas y equipos, además de todo el personal que intervenga en las tareas de inspección técnica de espesores y en general, de evaluación de la integridad mecánica. Deberá ser la herramienta de trabajo diario para la administración y control, tanto para el personal que realiza las mediciones de espesores, como los coordinadores de inspección técnica y los jefes de seguridad del centro de trabajo.

El SIMECELE está centrado en colaborar en el suministro de información confiable y rápida para el personal de mantenimiento. Este concepto de administración de la información del SIMECELE está dirigido, también, para que los ejecutivos de las diferentes unidades corporativas puedan monitorear los avances en los programas de inspección técnica de espesores y ser la fuente de información para la toma de decisiones.

Módulos del SIMECELE

Los 6 módulos disponibles para trabajar con el SIMECELE pueden ser consultados desde la pantalla de bienvenida dando clic en cada una de las opciones correspondientes. A continuación se describe cada módulo del programa.

✓ Capturar o editar información

Éste módulo permite ingresar nuevos datos al sistema así como, editar la información contenida en el mismo. En esta opción se puede acceder a la captura y edición de nuevas unidades control (líneas y equipos), inspecciones, equipos de medición, personal, etc. Cada una de estas opciones mostrará una ventana con todas las opciones necesarias para la captura y edición de la información contenida en el sistema.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



✓ Consultar información

Éste módulo permite acceder, de manera rápida a la información que deseé consultar al respecto de la administración de la medición de espesores. En esta opción se puede consultar la información de próximas fechas de inspección, características sobre las unidades de control, así como el resumen de información de alguna planta en el centro de trabajo, etc. El módulo de consulta no permitirá modificar la información contenida en el sistema.

✓ Ver isométricos en la Intranet

Éste módulo permite crear un enlace a través de la intranet, con el sistema de información para diagramas técnicos inteligentes en el cual se podrán consultar los isométricos, los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) y los diagramas de flujo de proceso (DFP's) de las instalaciones del centro de trabajo.

✓ Ver o crear reportes

Éste módulo permite crear y consultar los reportes para cada inspección de las unidades de control que se requieran. Los reportes se generan de acuerdo a la norma DG-GPASI-IT-00204 y pueden ser impresos desde el SIMECELE. De igual forma la creación de nuevos reportes se realiza con base a las normas vigentes y, en caso de ser necesario, generan automáticamente órdenes de emplazamiento o mantenimiento de las piezas de las unidades de control que así lo requieran. Desde éste módulo es posible imprimir reportes en blanco para la captura manual de los datos requeridos.

✓ Ver o cargar especificaciones de materiales

Éste módulo permite administrar la información de los materiales y las especificaciones con las que fue construida cada planta, según el libro de ingeniería del licenciador de la misma. Las especificaciones de materiales se muestran representadas por la misma nomenclatura contenida en el libro de ingeniería y DTI de la planta (en general son tres



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO



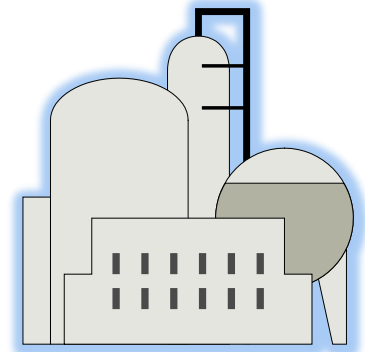
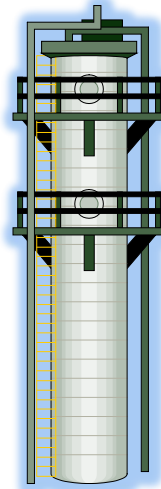
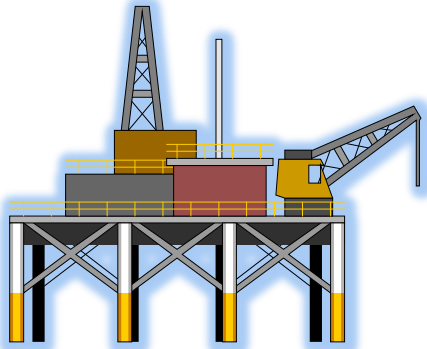
o cuatro caracteres, por ejemplo: J112 o A2A) y cada una contiene los datos de materiales, cedulas y detalles de tuberías, niplerías, bridas y válvulas con las que fue diseñada una sección específica de la planta; así como los servicios que puede manejar y las condiciones máximas de operación (presión y temperatura).

Esta información puede ser ingresada o modificada en el sistema desde éste módulo. Nótese que éstas especificaciones de materiales son propias de cada planta y no deben confundirse con la información de materiales de otros códigos como ASME o ASTM, que son una parte de la información contenida dentro de las especificaciones a las cuales se hace referencia en este módulo.

✓ Hacer o editar un isométrico

En éste módulo están disponibles los espacios de edición y creación de isométricos utilizando la barra de herramienta contenida en el SIMECELE, para facilitar el trabajo con isométricos requerido para la administración de espesores.

CAPÍTULO II



TRABAJO EN CAMPO



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



En éste capítulo se describe la información que se necesita, el análisis de la información, así como los pasos a seguir para realizar una óptima implementación de SIMECELE en una Planta Deisobutanizadora la cual se abrevió DIB para fines del SIMECELE.

Información Recopilada en Campo

Para la implementación de SIMECELE primeramente se requiere la recopilación de la siguiente información:

- ✓ 1 Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) de la planta Deisobutanizadora.
- ✓ 5 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI) incluidos los de Servicios Auxiliares de la planta Deisobutanizadora.
- ✓ Descripción del Proceso.
- ✓ Censo de Circuitos.
- ✓ Censo de Unidades de Control.
- ✓ Catálogo de Especificaciones de Materiales de Tubería.
- ✓ Hojas de Datos o de Diseño de Equipos.
- ✓ Dibujos para la medición de espesores (Isométricos).
- ✓ Expedientes de Medición de Espesores.

Una vez que se tiene la información antes mencionada podemos comenzar a realizar el análisis para facilitar la implementación de SIMECELE en una planta Deisobutanizadora (DIB). Los pasos a realizar son:

1. Analizar el proceso de la planta Deisobutanizadora para facilitar la identificación de circuitos de proceso.
2. Realizar censo de circuitos de proceso e identificarlos en el DFP de la planta Deisobutanizadora.



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



3. Digitalizar los isométricos en AutoCAD como se muestran en los expedientes de medición de espesores.
4. Realizar censos de unidades de control, uno de líneas y otro de equipos e identificarlas en los DTI's de la planta Deisobutanizadora.
5. Verificar en campo si los circuitos y los diagramas isométricos de las unidades de control de líneas y equipos son correctos. En caso de que no sean correctos se procede al siguiente paso.
6. Levantar en campo los isométricos de líneas y equipos que no estén correctos o que les falte información necesaria para así actualizarlos y digitalizarlos en AutoCAD. Realizar éste paso las veces que sean necesarias hasta estar correctos.
7. Capturar en SIMECELE las especificaciones de material de tuberías (líneas).
8. Capturar en SIMECELE los circuitos de líneas y de equipos.
9. Capturar en SIMECELE las unidades de control de líneas y equipos en el circuito al que pertenecen.
10. Capturar en SIMECELE las mediciones de espesores de las unidades de control y realizar el análisis correspondiente.

A continuación se describe detalladamente los pasos antes mencionados.

Descripción del Proceso de la Planta Deisobutanizadora (DIB)

Las plantas Fraccionadoras de Butanos o Deisobutanizadoras tienen el propósito de separar de una mezcla de butanos: n-butano e isobutano puro, que se utiliza como materia prima para las plantas de Alquilación. La separación se logra mediante un proceso de destilación fraccionada.

El proceso deisobutanizador separa mezclas de butanos por medio de destilación, obteniendo una fracción de isobutano de alta pureza y otra fracción rica en n-butano.



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



La alimentación de butanos es bombeada desde una esfera de almacenamiento de áreas exteriores a la torre deisobutanizadora en el plato No. 43.

La torre deisobutanizadora tiene instalados 79 platos, 43 platos para la sección de rectificación (Domo) y 36 platos para la sección de separación (Fondo). Las temperaturas y presiones de diseño (T_{Dis} , P_{Dis}) y operación (T_{Op} , P_{Op}) de la torre deisobutanizadora se muestran en la Tabla IV.

Tabla IV. Condiciones de la Torre Deisobutanizadora

P_{Dis} [kg/cm ²]	9.5
P_{Op} [kg/cm ²] Domo/Fondo	6.7/7.4
T_{Dis} [°C] Domo/Fondo	76/94
T_{Op} [°C] Domo/Fondo	54/71

La parte inferior de la torre deisobutanizadora es calentada por medio de una corriente de recirculación con un rehervidor que utiliza gas combustible.

Los vapores que salen de la parte superior de la torre deisobutanizadora pasan a un condensador para ser totalmente condensados y llegan a un tanque acumulador en el domo de la torre, el cual está provisto de una bota de acumulación de agua.

La fase líquida pobre en isobutano del tanque acumulador es parcialmente recirculada al plato No. 1 en el domo de la torre. La otra parte de la fase líquida rica en isobutano es extraída, enfriada y bombeada a una esfera de almacenamiento de isobutano.

Cualquier acumulación de agua en la bota del tanque acumulador es extraída manualmente al drenaje abierto hacia un lugar seguro.

El n-butano de alta pureza que sale en la parte inferior de la torre es extraído, enfriado y enviado hacia una esfera de almacenamiento.



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



La planta está diseñada para procesar 18,000 BPD de la mezcla de butanos especificada en la Tabla V. La unidad es capaz de producir los productos especificados operando en el rango de 60 a 100 % de la capacidad de diseño.

Tabla V. Características de la materia prima

Componente	Fración Mol	Flujo[kgmol/hr]	Flujo[kg/hr]	Flujo [Bls/día]
Propileno	1.45E-07	0.002	0.01	0.003
Propano	0.00124	1.94	85.5	22.344
Isobutano	0.308	365.27	21231.4	5548.387
1-buteno	0.00184	2.26	127	33.189
n-butano	0.675	799.68	46480.7	12146.770
Trans-2-buteno	0.0015	1.84	103.5	27.048
cis-2-buteno	7.71E-04	0.95	53.1	13.877
Isopentano	0.0101	9.64	696	181.885
n-pentano	0.00147	1.4	101.4	26.499
Total	1.00	1182.98	68878.61	18000

- ✓ Peso molecular de la mezcla: 58.22 g/mol.
- ✓ Gravedad específica a 15/15 °C: 0.579.
- ✓ Agua arrastrada (supuesta): 34.4 Kg/hr máx. o 500 ppm.

En la Tabla VI se indica la producción de la Planta Deisobutanizadora.

Tabla VI. Producción de la Planta Deisobutanizadora

Producto	Producción [kg/h]	Producción [Bls/día]	Pureza [% mol]
Isobutano	20775	5500	95
n-butano	48098	12380	97.6



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Condiciones al Límite de Batería:

- ✓ Alimentación de butanos 39 °C y 11 kg/cm².
- ✓ Isobutanos 43.3 °C y 9.3 kg/cm².
- ✓ n-butano 43.3 °C y 7.1 kg/cm².

En el Anexo III se muestra el diagrama de flujo de proceso de la planta Deisobutanizadora. Este diagrama se utiliza para identificar los circuitos de proceso, los cuales se describen a continuación.

Circuitos de Proceso

De acuerdo a la descripción y secuencia (flujo) del proceso los circuitos definidos para una planta Deisobutanizadora se enlistan en la Tabla VII y se identifican en el DFP de la planta, indicando un color y nombre para cada circuito de proceso como se muestra en el ANEXO IV.

Tabla VII. Censo de Circuitos de Proceso

No.	Circuito
01	Carga a DA-001
02	Isobutano de domo de DA-001
03	Isobutano
04	Butano
05	Gas combustible
06	Cross-Over
07	Desfogue



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Unidades de Control (UC) Definidas

Para la identificación de unidades de control de líneas y equipos se requiere de los 5 DTI's de la planta Deisobutanizadora los cuales están en capa cero, es decir, donde aun no se identifican las unidades de control y que estén en blanco y negro. En el Anexo V se muestra un DTI en capa cero como ejemplo.

Para levantar isométricos en campo, es decir dibujar y actualizar isométricos se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ Conseguir el permiso de trabajo y verificar que ya haya sido autorizado por el personal correspondiente.
- ✓ Ubicar en el Plot Plant de la planta Deisobutanizadora los equipos de los que parten las líneas antes de salir a campo.
- ✓ Ubicar los equipos y líneas en campo (verificando que los tag's de los mismos coincidan) y las líneas principales.
- ✓ Ubicar el norte para comenzar a levantar el isométrico. En el caso del levantamiento de equipos indicar la vista o lado del equipo.
- ✓ Empezar el levantamiento por un equipo o por un injerto a otra línea principal (inicio del isométrico) en dirección del flujo.
- ✓ Seguir la línea principal y disparos o ramificaciones en el orden en que vayan apareciendo, siguiéndolas hasta donde terminen en el isométrico e indicando como referencia líneas o equipos con los que estén conectados (as).
- ✓ Identificar y corroborar diámetros de tuberías y accesorios, arreglos de niplería y tornillería, accesorios reforzados, soportes, etc., así como boquillas en el caso de los equipos.
- ✓ Finalmente confirmar que el isométrico este correcto.

De acuerdo con la descripción y secuencia (flujo) del proceso, los isométricos recopilados, así como de los levantamientos en campo de la planta Deisobutanizadora



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



se identificaron 31 unidades de control de líneas, las cuales se enlistan en la Tabla VIII además de 18 unidades de control de equipos, las cuales se enlistan en la Tabla IX.

Tabla VIII. Censo de Unidades de Control de Líneas

Circuito SIMECELE	Unidad de Control en SIMECELE UC-DIB-	Unidad de Control Anterior	Descripción	DTI's de Referencia
01. Carga a DA-001	001	106-01	De L.B. a DA-001	PAP-EF-301
02. Isobutano de domo de DA-001	002	106-04	De domo de DA-001 a EA-001 A/F	PAP-EF-301
02. Isobutano de domo de DA-001	003	S/EXP	De EA-001 A/C/E a FA-001	PAP-EF-301
02. Isobutano de domo de DA-001	004	106-11	De EA-001 B/D/F a FA-001	PAP-EF-301
03. Isobutano	005	106-13	De fondo de FA-001 a Bomba GA-001 A/B y GA-002 A/B	PAP-EF-301
03. Isobutano	006	106-14	De GA-001 A/B a domo de DA-001	PAP-EF-301
03. Isobutano	007	106-15	De GA-002 A/B a EA-002	PAP-EF-301
03. Isobutano	008	106-17	De EA-002 a FA-003	PAP-EF-301
03. Isobutano	009	106-50	De FA-001 a FA-003	No identificada en DTI
04. Butano	010	106-19	De fondo de DA-001 a bombas GA-004 A/B y GA-003 A/B	PAP-EF-301
04. Butano	011	106-20	De GA-004 A/B a FV-21103/21110	PAP-EF-301, PAP-EF-302
04. Butano	012	106-24	De FV-21106 a H-001	PAP-EF-302
04. Butano	013	106-22	De FV-21104 a H-001	PAP-EF-302
04. Butano	014	106-26	De FV-21108 a H-001	PAP-EF-302
04. Butano	015	106-28	De FV-21110 a H-001	PAP-EF-302
04. Butano	016	106-27	De FV-21109 a H-001	PAP-EF-302
04. Butano	017	106-25	De FV-21107 a H-001	PAP-EF-302
04. Butano	018	106-21	De FV-21103 a H-001	PAP-EF-302



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla VIII. Censo de Unidades de Control de Líneas (continuación).

Circuito SIMECELE	Unidad de Control en SIMECELE UC-DIB-	Unidad de Control Anterior	Descripción	DTI's de Referencia
04. Butano	019	106-23	De FV-21105 a H-001	PAP-EF-302
04. Butano	020	106-29	De H-001 a fondo de DA-001	PAP-EF301, PAP-EF-302
04. Butano	021	106-30	De GA-003 A/B a EA-003	PAP-EF-301
04. Butano	022	106-32	De EA-003 a TE-009/010	PAP-EF-301, PAP-SK-301
05. Gas combustible	023	106-33	De L.B. a FA-007	PAP-HD-402
05. Gas combustible	024	106-36	De fondo de FA-007 a Cabezal de desfogue y cabezal de gas combustible	PAP-HD-402
05. Gas combustible	025	106-43	De FA-007 a quemador H-001	PAP-HD-402, PAP-EF-302
05. Gas combustible	026	106-43	De FA-007 a pilotos de H-001	PAP-EF-302
06. Cross-Over	027	106-48	Cross over del calentador H-001 (lado sur)	No identificado en DTI
07. Desfogue	028	106-39	Cabezal de Desfogue	PAP-EF-301 PAP-HD-404, PAP-HD-402
07. Desfogue	029	S/EXP	De FA-007 a PSV-2258	PAP-HD-402
07. Desfogue	030	106-80	De GA-004 B a Cabezal de desfogue	No identificado en DTI
07. Desfogue	031	106-81	De GA-004 A a Cabezal de desfogue	No identificado en DTI



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla IX. Listado de Unidades de Control de Equipos

Circuito SIMECELE	Unidad de Control en SIMECELE	Unidad de Control Anterior	Descripción	DTI's de Referencia
DA-001	Domo	106-02	Domo de Torre deisobutanizadora DA-001	PAP-EF-301
DA-001	Fondo	106-02	Fondo de Torre deisobutanizadora DA-001	PAP-EF-301
DA-001	LG-002	S/EXP	LG de DA-001	PAP-EF-301
EA-001 A	Cuerpo	106-05	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 A	PAP-EF-301
EA-001 B	Cuerpo	106-06	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 B	PAP-EF-301
EA-001 C	Cuerpo	106-07	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 C	PAP-EF-301
EA-001 D	Cuerpo	106-08	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 D	PAP-EF-301
EA-001 E	Cuerpo	106-09	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 E	PAP-EF-301
EA-001 F	Cuerpo	106-10	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 F	PAP-EF-301
EA-002	Cuerpo	106-16	Enfriador de isobutano, EA-002	PAP-EF-301
EA-003	Carrete	106-79	Enfriador de butano, EA-003	PAP-EF-301
EA-003	Cuerpo	106-31	Enfriador de butano, EA-003	PAP-EF-301
FA-001	Cuerpo	106-12	Acumulador de la torre de deisobutanizadora DA-001, FA-001	PAP-EF-301
FA-001	Pierna	106-12	Pierna de FA-001	PAP-EF-301
FA-001	LG-003	106-52	LG de FA-001	PAP-EF-301
FA-007	Cuerpo	106-34	Acumulador de gas combustible, FA-007	PAP-HD-402
FA-007	LG-004	106-35	LG de FA-007	PAP-HD-402
FA-020	Cuerpo	106-49	Tanque receptor de aire FA-020	PAP-HD-402

Las unidades de control de líneas y equipos se identifican en los DTI's de la planta, indicando la unidad de control nueva y anterior así como la asignación de un color para cada unidad de control.



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



En el ANEXO VI se muestra un ejemplo de un DTI con las unidades de control identificadas.

Captura de Unidades de Control en SIMECELE

Unidades de Control de Líneas

Con la implementación de SIMECELE se pretende homologar las prácticas sobre la inspección técnica aplicando la normatividad vigente (DG-GPASI-IT-00204) por lo que se maneja la siguiente notación para las posiciones o puntos de medición como se muestra en la Tabla X.

Tabla X. Posiciones o puntos de medición

Nombre de la posición	Nombre alternativo	Notación con letras	Notación numérica
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

A continuación en la Tabla XI se muestran algunos accesorios con sus respectivas notaciones con letras para entender sus posiciones de medición. Para fines de la implantación de SIMECELE se consideró la notación con letras ya que se interpreta fácilmente.



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XI. Posiciones de medición de Líneas y algunos accesorios

Accesorio	Dibujo	Notación con letras	Notación numérica
Líneas		N,S,O,P	1,2,3,4
		N,S,A,B	1,2,5,6
		O,P,A,B	3,4,5,6
Tees		N,X,O,P	1,0,3,4
		X,S,O,P	0,2,3,4



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XI. Posiciones de medición de Líneas y algunos accesorios (continuación).

Accesorio	Dibujo	Notación con letras	Notación numérica
		N,S,X,P	1,2,0,4
		N,S,O,X	1,2,3,0
		N,X,A,B	1,0,5,6
		X,S,A,B	0,2,5,6
		N,S,X,B	1,2,0,6



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XI. Posiciones de medición de Líneas y algunos accesorios (continuación).

Accesorio	Dibujo	Notación con letras	Notación numérica
		N,S,A,X	1,2,5,0
		O,X,A,B	3,0,5,6
		X,P,A,B	0,4,5,6
		O,P,X,B	3,4,0,6
		O,P,A,X	3,4,5,0



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XI. Posiciones de medición de Líneas y algunos accesorios (continuación).

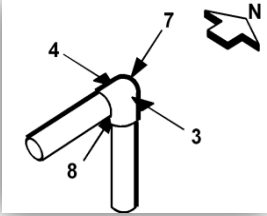
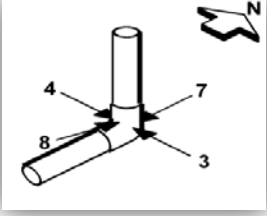
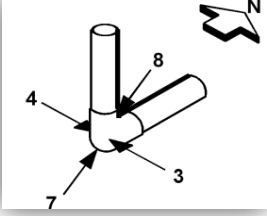
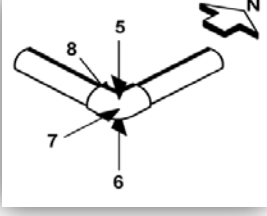
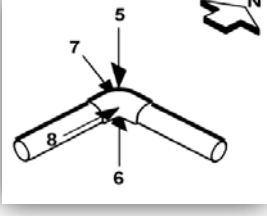
Accesorio	Dibujo	Notación con letras	Notación numérica
Codos		N,S,C,G	1,2,7,8
		N,S,C,G	1,2,7,8
		N,S,C,G	1,2,7,8
		N,S,C,G	1,2,7,8
		O,P,C,G	3,4,7,8



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XI. Posiciones de medición de Líneas y algunos accesorios (continuación).

Accesorio	Dibujo	Notación con letras	Notación numérica
		O,P,C,G	3,4,7,8
		O,P,C,G	3,4,7,8
		O,P,C,G	3,4,7,8
		A,B,C,G	5,6,7,8
		A,B,C,G	5,6,7,8



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XI. Posiciones de medición de Líneas y algunos accesorios (continuación).

Accesorio	Dibujo	Notación con letras	Notación numérica
		A,B,C,G	5,6,7,8
		A,B,C,G	5,6,7,8

Para el caso especial de reducciones se le indican las mismas posiciones como si fuera tubería.

Unidades de Control de Equipos

Como ya se describió anteriormente una unidad de control es aquella donde su velocidad de desgaste se puede considerar homogénea, por lo que a continuación en la Tabla XII se muestran algunos ejemplos de unidades de control de equipos:



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XII. Ejemplos de Unidades de Control de Equipos

Equipo	Unidades de Control	Dibujo	Observaciones
Intercambiadores de Calor	Cuerpo (Carcaza)		Una para la sección donde maneje fluido caliente y otra para el fluido frío.
	Carrete (Haz de tubos)		
Torres de Destilación	Alimentación		Seccionarse para tener unidades de control con velocidades de desgaste homogéneas
	Domo		
	Fondo		
	LG (Indicador de Nivel)		
Tanques de Almacenamiento Atmosféricos y Esferas	Anillos		Una unidad de control por anillo, domo y fondo del tanque.



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XII. Ejemplos de Unidades de Control de Equipos (continuación).

Equipo	Unidades de Control	Dibujo	Observaciones
	Domo o Cúpula		
	Fondo		
Tanques Acumuladores (Horizontales y Verticales)	Cuerpo		Dividir en varias unidades de control donde hay zona líquida y zona de vapores, o bien, interfases donde es elevada la velocidad de desgaste.
	Tapa Frontal o Superior		
	Tapa Posterior o Inferior		

Arreglos Básicos de Niplería

En la Tabla XIII se muestran algunos ejemplos de arreglos de niplería en líneas y equipos de proceso estáticos y dinámicos de la planta Deisobutanizadora que también se analizan en SIMECELE, indicando los puntos de medición de espesores así como de los puntos a revisar de cada pieza en cada arreglo aplicando la normatividad vigente¹⁵.

¹⁵ Norma GPEI-IT-0201 Rev. 0, "Procedimiento de revisión de niplería de plantas en operación".



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XIII. Arreglos Básicos de Niplería

Arreglo	Dibujo	Puntos a revisar
Cople-Niple-Válvula		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Libraje del cople. ✓ Longitud del cople. ✓ Cuerdas hembras (cople y válvula). ✓ Material de las 3 piezas. ✓ Estado físico de las 3 piezas. ✓ Soldaduras en el cople y las demás piezas. ✓ Cédula del niple. ✓ Longitud de niple. ✓ Cuerda macho (niple). ✓ "Libraje" de la válvula.
Cople-Tapón		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Libraje del cople. ✓ Longitud del cople. ✓ Cuerda hembra (cople). ✓ Material de las 2 piezas. ✓ Estado físico de las 2 piezas. ✓ Soldaduras del cople y tapón. ✓ Revisar si el tapón es sólido o hueco. ✓ Cabeza del tapón. ✓ Cuerda macho (tapón).
Cople-Termopozo		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Libraje del cople. ✓ Longitud del cople. ✓ Cuerda hembra (cople). ✓ Material de las piezas: cople, bolsa, soldadura. ✓ Estado físico de las piezas. ✓ Soldadura del cople. ✓ Tipo de bolsa. ✓ Cuerdas de la bolsa.



CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XIII. Arreglos Básicos de Niplería (continuación).

Arreglo	Dibujo	Puntos a revisar
Orificio-Niple-Válvula		<ul style="list-style-type: none">✓ Cuerdas hembras (orificio y válvula).✓ Materiales de las 3 piezas (incluyendo sus soldaduras si el arreglo es soldado).✓ Estado físico de las 3 piezas.✓ Cédula del niple.✓ Longitud del niple.✓ Cuerda macho (niple).✓ Si el arreglo es soldado, las soldaduras se revisan.✓ El "libraje" de la válvula.

Niveles de Tornillería

El SIMECELE también permite evaluar el estado físico de la tornillería de las tuberías y equipos de las instalaciones de la planta Deisobutanizadora, es decir de los tornillos o espárragos, a fin de detectar oportunamente daños o fallas, e implementar las acciones correctivas necesarias para garantizar condiciones óptimas de todas las uniones bridadas.

Para fijar criterios generales las revisiones¹⁶ deben hacerse de acuerdo con lo establecido en la Tabla XIV.

¹⁶ Norma DG-GPASI-IT-0903 Rev. 3, "Procedimiento para efectuar la revisión de la tornillería de tuberías y equipos en las instalaciones en operación de PEMEX-Refinación".



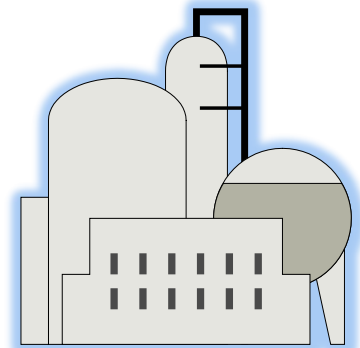
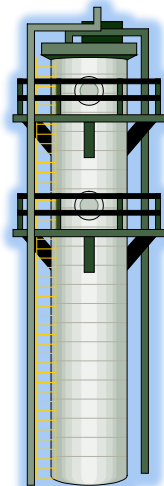
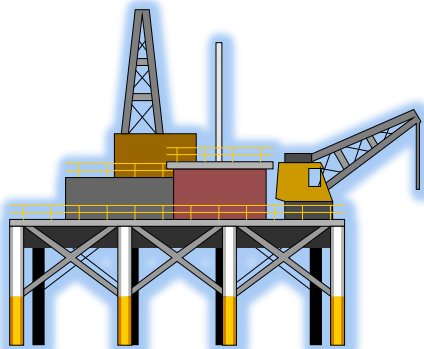
CAPÍTULO II. TRABAJO EN CAMPO



Tabla XIV. Criterios de revisión de Tornillería

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

CAPÍTULO III



RESULTADOS



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Como resultado del trabajo en campo y de la información recopilada así como del análisis de la medición de espesores en líneas y equipos de SIMECELE se determinaron 31 unidades de control de líneas además de 18 unidades de control de equipos, las cuales se capturaron a SIMECELE para realizar el análisis de espesores correspondientes.

Ejemplo de captura en SIMECELE

A continuación se muestra un ejemplo de la captura a SIMECELE de la unidad de control UC-DIB-018 que consta de 26 niveles de tubería, 3 niveles de niplería y 5 niveles de tornillería. La información de la unidad de control de acuerdo al expediente es lo siguiente:

- Características de la Unidad de Control

The screenshot shows the SIMECELE software interface. The title bar reads 'SIMECELE'. The menu bar includes 'Archivo', 'Ver', 'Window', and 'Ayuda'. The main window has a header with 'Bienvenido al SIMECELE', 'Planta Deisobutanizadora,', and 'Unidad de Control: UC-DIB-018'. The main content area is titled 'Características de la unidad de control' and contains the following data:

Características de la unidad de control	
Características generales de la unidad de control.	
Descripción de la Unidad de Control:	<u>De FV-21103 a H-001</u>
Ubicación:	<u>/ Área/Sector / Planta Deisobutanizadora, ... / Circuito 04, Butano</u>
Tipo de Unidad:	<u>Unidad de Control de Línea</u>
No. de niveles de tubería:	<u>26</u>
No. de niveles de niplería:	<u>3</u>
No. de niveles de tornillería:	<u>5</u>
Presión de Operación (Kgf/cm ²):	<u>12</u>
Temperatura de Operación (°C):	<u>85 °C</u>
Índice de Riesgo:	<u>N.D.</u>
Línea Forrada:	<u>No</u>
Toma de mediciones:	<u>En operación*</u>



CAPÍTULO III. RESULTADOS



- Especificación de material de la Unidad de Control

SIMECELE

Archivo Ver Window Ayuda

Bienvenido al SIMECELE Planta Deisobutanizadora, Unidad de Control: UC-DIB-018

Arbol de Areas

Características

Especificación de la unidad de control
Especificación de materiales y rango de operación de una unidad de control.

Especificación: Código: T1KB
Material: ACERO AL CARBON
Corrosión Permitida: 62
Licenciador: EPN-CHIYODA-ICONSA
Rango de operación: Servicio: Butano Líquido
Presion Máxima (Kg/cm²): 14
Temperatura Máxima (°C): 149

Especificación

Niveles de tubería

Arreglos de Niplería

Bridas (tornillería)

Isométricos

- Niveles de Tubería

SIMECELE

Archivo Ver Window Ayuda

Bienvenido al SIMECELE Planta Deisobutanizadora, Unidad de Control: UC-DIB-018

Arbol de Areas

Características	Nivel	Cédula	Espesor Original (mils)	Diámetro	Tipo	Límite de Retiro (mils)
Especificación	1	40	280	6"	ReNSAB 8. Reducción horizontal paralela al eje Oriente-Poniente	150
	2	40	280	6"	TuNSAB 2. Tubería horizontal paralela al eje Oriente-Poniente	150
Niveles de tubería	3	40	280	6"	CoNSDF 5. Codo en el plano perpendicular al eje Norte-Sur	150
	4	40	280	6"	TuNSOP 1. Tubería vertical	150
Arreglos de Niplería	5	40	237	4"	TuNSAB 2. Tubería horizontal paralela al eje Oriente-Poniente	120
	6	40	280	6"	TuNSOP 1. Tubería vertical	150
Bridas (tornillería)	7	40	280	6"	TuNSOP 1. Tubería vertical	150
	8	40	280	6"	CoNSDF 5. Codo en el plano perpendicular al eje Norte-Sur	150
Isométricos	9	40	280	6"	TuNSAB 2. Tubería horizontal paralela al eje Oriente-Poniente	150
	10	40	280	6"	CoNSDF 5. Codo en el plano perpendicular al eje Norte-Sur	150
	11	40	280	6"	TuNSAB 2. Tubería horizontal paralela al eje Oriente-Poniente	150
	12	40	280	6"	CoABDF 4. Codo en el plano perpendicular al eje Arriba-Abajo	150
	13	40	280	6"	TuOPAB 3. Tubería horizontal paralela al eje Norte-Sur	150
	14	40	280	6"	CoOPDF 6. Codo en el plano perpendicular al eje Oriente-Poniente	150
	15	40	280	6"	TuNSOP 1. Tubería vertical	150
	16	40	280	6"	CoOPDF 6. Codo en el plano perpendicular al eje Oriente-Poniente	150
	17	40	280	6"	TuOPAB 3. Tubería horizontal paralela al eje Norte-Sur	150
	18	40	280	6"	CoOPDF 6. Codo en el plano perpendicular al eje Oriente-Poniente	150
	19	40	280	6"	TuNSOP 1. Tubería vertical	150
	20	40	280	6"	TuNSOP 1. Tubería vertical	150
	21	40	280	6"	CoOPDF 6. Codo en el plano perpendicular al eje Oriente-Poniente	150
	22	40	280	6"	TuOPAB 3. Tubería horizontal paralela al eje Norte-Sur	150
	23	40	280	6"	CoOPDF 6. Codo en el plano perpendicular al eje Oriente-Poniente	150
	24	40	280	6"	TuNSOP 1. Tubería vertical	150
	25	40	280	6"	CoOPDF 6. Codo en el plano perpendicular al eje Oriente-Poniente	150
	26	40	280	6"	TuOPAB 3. Tubería horizontal paralela al eje Norte-Sur	150



CAPÍTULO III. RESULTADOS



- Niveles de Niplería

The screenshot shows the SIMECELE software interface. The title bar reads 'SIMECELE'. The menu bar includes 'Archivo', 'Ver', 'Window', and 'Ayuda'. The main window title is 'Bienvenido al SIMECELE' with sub-titles 'Planta Deisobutanizadora,' and 'Unidad de Control: UC-DIB-018'. On the left, there is a vertical 'Árbol de tareas' (Task Tree) with options: 'Características', 'Especificación', 'Niveles de tubería', 'Arreglos de Niplería', 'Bridas (tornillería)', and 'Isométricos'. The 'Niveles de tubería' table is displayed with the following data:

Características	Arreglo	Diámetro	Tipo	Cédula	Roscado	Soldado	Espesor original (mils)
Especificación	1	1"	CopNipVal Arreglo Cople-Niple-Válvula	160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	250
	2	¾"	CopNipVal Arreglo Cople-Niple-Válvula	160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	219
	3	¾"	CopNipVal Arreglo Cople-Niple-Válvula	160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	219

- Niveles de Tornillería

The screenshot shows the SIMECELE software interface. The title bar reads 'SIMECELE'. The menu bar includes 'Archivo', 'Ver', 'Window', and 'Ayuda'. The main window title is 'Bienvenido al SIMECELE' with sub-titles 'Planta Deisobutanizadora,' and 'Unidad de Control: UC-DIB-018'. On the left, there is a vertical 'Árbol de tareas' (Task Tree) with options: 'Características', 'Especificación', 'Niveles de tubería', 'Arreglos de Niplería', 'Bridas (tornillería)', and 'Isométricos'. The 'Niveles de tubería' table is displayed with the following data:

Características	Brida	Numero de espárragos	Ha sido inspeccionado	Diámetro	Descripción
Especificación	1	8	<input type="checkbox"/>	4"	
	2	12	<input type="checkbox"/>	6"	
	3	12	<input type="checkbox"/>	6"	
	4	8	<input type="checkbox"/>	4"	
	5	12	<input type="checkbox"/>	6"	



CAPÍTULO III. RESULTADOS



- Isométrico

The screenshot displays the SIMECELE software interface. The main window shows an isometric piping diagram with various components labeled with numbers (1-26) and letters (A, B). The diagram is set against a black background. Below the diagram is a table with the following data:

LÍNEA	ESPECIFICACIÓN	DIÁM.	CEDULA	ESPESOR	LÍMITE DE RETORNO	PRESIÓN (kg/cm ²) DIS. / OP.	TEMP. (°C) DIS. / OP.
NC4-123	T1KB (A83 Gr. B)	4"	40	237	120	14	149
NC4-123	T1KB (A83 Gr. B)	6"	40	280	150	12	85

Below the table, there is a section for 'REFINERÍA O PLANTA DEPENDENCIA' with the following information:

REFINERÍA O PLANTA DEPENDENCIA
SECTOR: (blank)
PLANTA: MULTISERVICIOS
Fecha: 10/01/2010
Escritura #: 100-01
Revisión: 0
Circuito: BUTANO
Lev. en Campo: (blank)
U. de C.: UC-DIB-018
Isométrico No.: 1061

DTI: PAP-EF-302

At the bottom of the interface, there are navigation icons (back, forward, search, etc.) and a field for 'Ir al nivel:' with a dropdown arrow.

En el Anexo VII se muestra nuevamente el isométrico actualizado y digitalizado, ya que por cuestiones de espacio no se ve claramente en la ilustración anterior.



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Análisis de SIMECELE

Se realizó la medición de espesores con el equipo ultrasónico DMS2 para la unidad de control UC-DIB-018. Una vez que se captura la unidad de control en SIMECELE se exporta al equipo DMS2, se procede a realizar la medición de espesores, se descargan los datos a SIMECELE y enseguida se realiza el análisis de espesores.

Como ejemplo del análisis de espesores se muestra la memoria de cálculo para la UC-DIB-018 que consta de 26 niveles de tubería, 3 niveles de niplería y 5 niveles de tornillería. En la Tabla XV se muestran los espesores en milésimas de pulgada (mpulg o mils para SIMECELE) y la velocidad de desgaste de dos fechas diferentes.

Tabla XV. Espesores de niveles de tubería

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
1	Norte	261	270
	Sur	278	278
	Arriba	277	268
	Abajo	290	274
2	Norte	264	285
	Sur	278	278
	Arriba	284	258
	Abajo	276	286
3	Norte	259	274
	Sur	274	272
	Dentro (Garganta)	274	278
	Fuera (Codo)	259	249
4	Norte	287	219
	Sur	297	317
	Oriente	265	286
	Poniente	279	272
5	Norte	236	224
	Sur	234	228



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XV. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
	Arriba	222	233
	Abajo	217	216
6	Norte	432	407
	Sur	448	431
	Oriente	440	427
	Poniente		
7	Norte	299	278
	Sur	284	269
	Oriente	257	275
	Poniente	295	291
8	Norte	294	296
	Sur	328	289
	Dentro (Garganta)	259	281
	Fuera (Codo)	340	285
9	Norte	288	296
	Sur	306	281
	Arriba	291	296
	Abajo	285	288
10	Norte	269	307
	Sur	282	311
	Dentro (Garganta)	253	279
	Fuera (Codo)	283	317
11	Norte	282	278
	Sur	281	305
	Arriba	287	311
	Abajo	297	275
12	Arriba	316	272
	Abajo	296	270
	Dentro (Garganta)	284	283
	Fuera (Codo)	312	292
13	Oriente	290	270
	Poniente	289	288



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XV. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
	Arriba	292	282
	Abajo	307	296
14	Oriente	298	289
	Poniente	309	289
	Dentro (Garganta)	279	292
	Fuera (Codo)	312	280
15	Norte	279	274
	Sur	289	298
	Oriente	276	269
	Poniente	286	286
16	Oriente	297	278
	Poniente	260	268
	Dentro (Garganta)	282	261
	Fuera (Codo)	298	312
17	Oriente		272
	Poniente	298	269
	Arriba	301	297
	Abajo	296	289
18	Oriente	278	301
	Poniente	284	298
	Dentro (Garganta)	278	261
	Fuera (Codo)	304	281
19	Norte	298	253
	Sur	298	304
	Oriente	276	284
	Poniente	293	283
20	Norte		261
	Sur		307
	Oriente		312
	Poniente		263
21	Oriente	288	276
	Poniente	276	279



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XV. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
	Dentro (Garganta)	291	262
	Fuera (Codo)	262	261
22	Oriente	276	284
	Poniente	297	282
	Arriba	290	280
	Abajo	301	273
23	Oriente	299	314
	Poniente	273	310
	Dentro (Garganta)	269	267
	Fuera (Codo)	271	304
24	Norte		274
	Sur		291
	Oriente		288
	Poniente		274
25	Oriente	277	277
	Poniente	277	277
	Dentro (Garganta)	279	279
	Fuera (Codo)	267	267
26	Oriente	291	291
	Poniente	290	290
	Arriba	270	270
	Abajo	286	286

En la Tabla XVI se muestran las características de la tubería de la Unidad de Control de acuerdo al diámetro conforme a la tabla de especificaciones de tubería.

Tabla XVI. Características de la Tubería de la Unidad de Control

Diámetro (D) [pulg]	Espesor Original (E) [mpulg]	Limite de Retiro (Lr) [mpulg]	Espesor máximo (Emax) [mpulg]
4	237	120	267
6	280	150	315



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Esta unidad de control consta de 26 niveles de tubería resultando 104 puntos de medición por lo tanto 104 velocidades de desgaste puntual. SIMECELE agrupa los niveles normales y los críticos e identifica los espesores mínimos de acuerdo al diámetro así como omite del análisis puntos o niveles de medición que tienen solo 1 o ninguna medición (no hay otra para realizar el análisis) y espesores que sean mayores al 5% de la medición anterior. Los valores que presenten un incremento de espesor de 0 al 5% se consideran con velocidad de desgaste de 0.

En la Tabla XVII se muestra la velocidad de desgaste de tubería para cada posición. Los valores de espesores y velocidades de desgaste para los niveles de niplería se muestran en la Tabla XVIII.

Tabla XVII. Espesores de niveles de tubería

Nivel	Posición	Espesor [mils]		Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
1	Norte	261	270	0.0
	Sur	278	278	0.0
	Arriba	277	268	2.6
	Abajo	290	274	4.5
2	Norte	264	285	Engrosamiento
	Sur	278	278	0.0
	Arriba	284	258	7.4
	Abajo	276	286	0.0
3	Norte	259	274	Engrosamiento
	Sur	274	272	0.6
	Dentro (Garganta)	274	278	0.0
	Fuera (Codo)	259	249	2.8
4	Norte	287	219	19.3
	Sur	297	317	Engrosamiento
	Oriente	265	286	Engrosamiento
	Poniente	279	272	2.0
5	Norte	236	224	3.4
	Sur	234	228	1.7



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XVII. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]		Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
	Arriba	222	233	0.0
	Abajo	217	216	0.28
6	Norte	432	407	7.1
	Sur	448	431	4.8
	Oriente	440	427	3.7
	Poniente			-
7	Norte	299	278	6.0
	Sur	284	269	4.3
	Oriente	257	275	Engrosamiento
	Poniente	295	291	1.1
8	Norte	294	296	0.0
	Sur	328	289	11.1
	Dentro (Garganta)	259	281	Engrosamiento
	Fuera (Codo)	340	285	15.6
9	Norte	288	296	0.0
	Sur	306	281	7.1
	Arriba	291	296	0.0
	Abajo	285	288	0.0
10	Norte	269	307	Engrosamiento
	Sur	282	311	Engrosamiento
	Dentro (Garganta)	253	279	Engrosamiento
	Fuera (Codo)	283	317	Engrosamiento
11	Norte	282	278	1.1
	Sur	281	305	Engrosamiento
	Arriba	287	311	Engrosamiento
	Abajo	297	275	6.2
12	Arriba	316	272	12.5
	Abajo	296	270	7.4
	Dentro (Garganta)	284	283	0.3
	Fuera (Codo)	312	292	5.7
13	Oriente	290	270	5.7
	Poniente	289	288	0.3



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XVII. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]		Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
	Arriba	292	282	2.8
	Abajo	307	296	3.1
14	Oriente	298	289	2.6
	Poniente	309	289	5.7
	Dentro (Garganta)	279	292	0.0
	Fuera (Codo)	312	280	9.1
15	Norte	279	274	1.4
	Sur	289	298	0.0
	Oriente	276	269	2.0
	Poniente	286	286	0.0
16	Oriente	297	278	5.4
	Poniente	260	268	0.0
	Dentro (Garganta)	282	261	6.0
	Fuera (Codo)	298	312	0.0
17	Oriente		272	-
	Poniente	298	269	8.2
	Arriba	301	297	1.1
	Abajo	296	289	2.0
18	Oriente	278	301	-
	Poniente	284	298	0.0
	Dentro (Garganta)	278	261	4.8
	Fuera (Codo)	304	281	6.5
19	Norte	298	253	12.8
	Sur	298	304	0.0
	Oriente	276	284	0.0
	Poniente	293	283	2.8
20	Norte		261	-
	Sur		307	-
	Oriente		312	-
	Poniente		263	-
21	Oriente	288	276	3.4
	Poniente	276	279	0.0



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XVII. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]		Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
	Dentro (Garganta)	291	262	8.2
	Fuera (Codo)	262	261	0.3
22	Oriente	276	284	0.0
	Poniente	297	282	4.3
	Arriba	290	280	2.8
	Abajo	301	273	7.9
23	Oriente	299	314	0.0
	Poniente	273	310	0.0
	Dentro (Garganta)	269	267	0.6
	Fuera (Codo)	271	304	0.0
24	Norte		274	-
	Sur		291	-
	Oriente		288	-
	Poniente		274	-
25	Oriente	277	277	0.0
	Poniente	277	277	0.0
	Dentro (Garganta)	279	279	0.0
	Fuera (Codo)	267	267	0.0
26	Oriente	291	291	0.0
	Poniente	290	290	0.0
	Arriba	270	270	0.0
	Abajo	286	286	0.0



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XVIII. Espesores de niveles de niplería

Nivel	Posición	Espesor [mils] 21-Abr-2007	Espesor [mils] 01-Nov-2010	Velocidad de Desgaste [mpa]
1 – Arreglo Cople-Niple-Válvula	Base	280	270	2.8
	Base	305	289	4.5
	Cople	228	230	0.0
	Cople	215	236	Engrosamiento
	Niple	192	208	Engrosamiento
	Niple	196	202	0.0
2 – Arreglo Cople-Niple-Válvula	Base	290	292	0.0
	Base	260	296	Engrosamiento
	Cople	246	187	16.7
	Cople	236	187	13.9
	Niple	227	213	4.0
	Niple	229	208	6.0
3 – Arreglo Cople-Niple-Válvula	Base	270	292	Engrosamiento
	Base	268	296	Engrosamiento
	Cople	233	238	0.0
	Cople	224	200	6.8
	Niple	224	217	2.0
	Niple	228	218	2.8

Con estos cálculos se identifican engrosamientos, velocidades de desgaste normales, velocidades de desgaste críticas y puntos que se omiten en los cálculos ya que tienen solo uno o ningún valor de espesor y por lo tanto no se puede realizar el cálculo de la velocidad de desgaste. Se obtiene que los niveles de tubería 1 a 3, 5 a 7 y 9 a 26 son niveles normales, es decir, niveles con velocidad de desgaste normal menores a 15 mpa y los niveles 4 y 8 son niveles críticos o de atención, es decir, niveles con velocidad de desgaste crítica por que rebasan las 15 mpa. De las 104 posiciones de medición de línea que conforman la unidad de control, 73 son consideradas para el análisis de velocidad de desgaste normal, 5 posiciones se consideran de velocidad de



CAPÍTULO III. RESULTADOS



desgaste crítica y 26 posiciones se omiten debido a que no se puede calcular la velocidad de desgaste.

En la Tabla XIX se describen otros datos que calcula SIMECELE a partir del análisis de medición de espesores de la UC-DIB-018.

Tabla XIX. Resultados de SIMECELE para la UC-DIB-018

Concepto	Resultado para niveles normales	Resultado para niveles críticos
Suma de las velocidades de desgaste ($\sum_{i=1}^n d_i$)	200.2 mpa	47.9 mpa
Número de velocidades de desgaste consideradas (n)	73	5
Velocidad de desgaste promedio (D_p)	2.7 mpa	9.6 mpa
Velocidad máxima de desgaste ajustada estadísticamente (D_{max})	3.2 mpa	17.6 mpa
Vida Útil Estimada (VUE)	30.4 años	3.9 años
Fecha de Próxima Medición de Espesores (FPME)	Noviembre de 2015	Febrero de 2012
Fecha de Retiro Probable (FRP)	Abril de 2041	Octubre de 2014
Fijada con base en la lectura del nivel	5	4
En la posición	6 – (Abajo)	1 - Norte

En la Tabla XX se muestra el resumen de los cálculos que realiza SIMECELE para cada grupo de diámetros que componen las secciones de la unidad de control para niveles normales y en la Tabla XXI para niveles críticos.



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XX. Resumen de los cálculos de SIMECELE para niveles normales

Número de grupo según diámetro	Diámetro nominal [in]	Límite de retiro (Lr) [mils]	Espesor mínimo encontrado [mils]	Nivel en que se encuentra el espesor mínimo	Posición en que se encuentra el espesor mínimo	Vida útil estimada (VUE) [años]	Fecha de próxima medición de espesores (FPME)
1	6	150	249	3	7 - Fuera (Codo)	30.9	Noviembre 2015
2	4	120	216	5	6 - Abajo	30.4	Noviembre 2015

Tabla XXI. Resumen de los cálculos de SIMECELE para niveles críticos

Número de grupo según diámetro	Diámetro nominal [in]	Límite de retiro (Lr) [mils]	Espesor mínimo encontrado [mils]	Nivel en que se encuentra el espesor mínimo	Posición en que se encuentra el espesor mínimo	Vida útil estimada (VUE) [años]	Fecha de próxima medición de espesores (FPME)
1	6	150	219	4	1 - Norte	3.9	Febrero 2012

Los cálculos que realiza y obtiene SIMECELE se describen detalladamente en el Anexo VIII donde se especifica las ecuaciones y los resultados que se obtienen a partir del análisis de medición de espesores. En la Figura 7 se muestran en una gráfica las calibraciones de la UC-DIB-018 de abril de 2007 y noviembre de 2010.



CAPÍTULO III. RESULTADOS

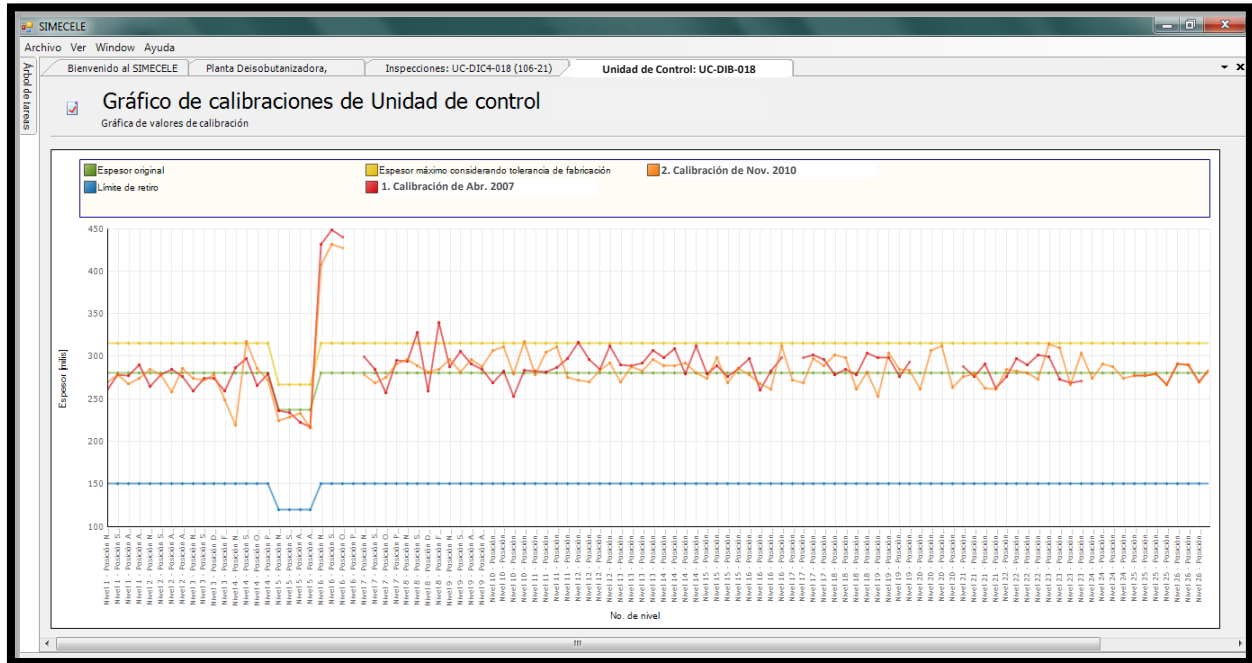


Figura 7. Representación gráfica de las dos calibraciones de la UC-DIB-018.

Las inspecciones de tornillería se muestran en la Tabla XXII y la inspección visual de la línea se muestra en la Tabla XXIII.

Tabla XXII. Inspección de niveles de tornillería para Noviembre 2010

Número de brida	Cantidad de espárragos	Grado de corrosión	Número de espárragos por cambiar	Observaciones
1	8	Severa	8	Cambio total de espárragos a la brevedad
2	12	Severa	12	Cambio total de espárragos a la brevedad
3	12	Severa	12	Cambio total de espárragos a la brevedad
4	8	Severa	8	Cambio total de espárragos a la brevedad
5	12	Severa	12	Cambio total de espárragos a la brevedad



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XXIII. Inspección Visual de la Unidad de Control.

Anomalía	Por evaluar:	Abril-2005	Noviembre-2008
Fugas	Proceso	Si	No
Fugas	Indicios de vapores	No	No
Fugas	Grampas existentes	-	No
Desalineamiento	Desalineamiento de tuberías/desplazamiento restringido	-	No
Desalineamiento	Desalineamiento de juntas de expansión	-	No
Vibración	Peso Colgado excesivo	-	No
Vibración	Soportes inadecuados	-	No
Vibración	Tuberías de pequeño calibre	Si	No
Vibración	Conexiones roscadas	-	No
Vibración	Soportes sueltos por deterioro metálico	No	No
Soporte	Patines de soportes	No	No
Soporte	Colgantes deformados o fracturados	No	No
Soporte	Resortes fuera de apoyo	No	No
Soporte	Abrazadera deformada o fracturada	No	No
Soporte	Ménsulas sueltas	No	No
Soporte	Placas/Rodillos deslizantes	No	No
Soporte	Contrapeso	No	No
Soporte	Soportes con corrosión	No	Si
Corrosión	Partes de soportes bajo grampas	No	No
Corrosión	Recubrimiento/Pintura deteriorados	No se reviso	Si
Corrosión	Interface suelo-aire	No	No
Corrosión	Superficie de contacto del aislamiento	-	No
Corrosión	Productos biológicos	-	No
Aislamiento	Daños/perforaciones	No	Si
Aislamiento	Envoltura/aislamiento extraviado	-	Si
Aislamiento	Sello deteriorado	-	Si
Aislamiento	Abultamiento	-	Si
Aislamiento	Flejes (rotos-extraviados)	-	Si



CAPÍTULO III. RESULTADOS



En la Tabla XXIV se indican las unidades de control de líneas que se capturaron a SIMECELE, fecha de última inspección o medición de espesores y fecha de próxima inspección o medición de espesores (FPME) obtenidas del análisis de medición de espesores así como algunas notas que describen la información que contenía el expediente.

Unidades de Control capturadas en SIMECELE

Notas:

* Sin expediente disponible. Calibrar a la brevedad.

** Se dispone solo de una calibración. Calibrar en un año.

Tabla XXIV. Unidades de Control de Líneas capturadas en SIMECELE

Circuito SIMECELE	Unidad de Control en SIMECELE UC-DIB-	Descripción	Última Inspección	Próxima Inspección
01. Carga a DA-001	001	De L.B. a DA-001	20/10/2008	21/10/2013
02. Isobutano de domo de DA-001	002	De domo de DA-001 a EA-001 A/F	23/11/2008	11/06/2011
02. Isobutano de domo de DA-001	003	De EA-001 A/C/E a FA-001	*	20/12/2010
02. Isobutano de domo de DA-001	004	De EA-001 B/D/F a FA-001	23/09/2007	31/12/2010
03. Isobutano	005	De fondo de FA-001 a Bomba GA-001 A/B y GA-002 A/B	23/11/2008	23/11/2013
03. Isobutano	006	De GA-001 A/B a domo de DA-001	23/11/2008	01/11/2010
03. Isobutano	007	De GA-002 A/B a EA-002	20/10/2008	20/10/2013
03. Isobutano	008	De EA-002 a FA-003	24/10/2008	27/03/2012
03. Isobutano	009	De FA-001 a FA-003	27/11/2008	**
04. Butano	010	De fondo de DA-001 a bombas GA-004 A/B y GA-003 A/B	22/11/2008	07/10/2010



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XXIV. Unidades de Control de Líneas capturadas en SIMECELE (continuación).

Circuito SIMECELE	Unidad de Control en SIMECELE UC-DIB-	Descripción	Última Inspección	Próxima Inspección
04. Butano	011	De GA-004 A/B a FV-21103/21110	20/11/2008	21/11/2013
04. Butano	012	De FV-21106 a H-001	23/10/2008	24/10/2013
04. Butano	013	De FV-21104 a H-001	01/10/2008	01/10/2013
04. Butano	014	De FV-21108 a H-001	24/11/2008	24/11/2013
04. Butano	015	De FV-21110 a H-001	01/11/2008	01/11/2013
04. Butano	016	De FV-21109 a H-001	24/11/2008	24/11/2013
04. Butano	017	De FV-21107 a H-001	24/11/2008	24/11/2013
04. Butano	018	De FV-21103 a H-001	01/11/2010	01/11/2015
04. Butano	019	De FV-21105 a H-001	23/11/2008	24/11/2013
04. Butano	020	De H-001 a fondo de DA-001	20/11/2001	**
04. Butano	021	De GA-003 A/B a EA-003	20/11/2008	20/11/2013
04. Butano	022	De EA-003 a TE-009/010	20/10/2008	20/10/2013
05. Gas combustible	023	De L.B. a FA-007	20/10/2008	20/10/2013
05. Gas combustible	024	De fondo de FA-007 a Cabezal de desfogue y cabezal de gas combustible	27/11/2008	**
05. Gas combustible	025	De FA-007 a quemador H-001	20/04/2008	**
05. Gas combustible	026	De FA-007 a pilotos de H-001	20/04/2008	20/04/2013
06. Cross-Over	027	Cross over del calentador H-001 (lado sur)	28/11/2008	28/11/2013
07. Desfogue	028	Cabezal de Desfogue	20/05/2008	04/06/2010
07. Desfogue	029	De FA-007 a PSV-2258	*	20/12/2010
07. Desfogue	030	De GA-004 B a Cabezal de desfogue	28/04/2007	27/04/2012
07. Desfogue	031	De GA-004 A a Cabezal de desfogue	29/11/2008	29/11/2013



CAPÍTULO III. RESULTADOS



En la Tabla XXV se indican las unidades de control de equipos que se capturaron en SIMECELE indicando las mismas notas anteriormente mencionadas.

Tabla XXV. Unidades de Control de Equipos capturadas en SIMECELE

Circuito SIMECELE	Unidad de Control en SIMECELE	Descripción	Última Inspección	Próxima Inspección
DA-001	Domo	Domo de Torre deisobutanizadora DA-001	20/11/2008	20/11/2013
DA-001	Fondo	Fondo de Torre deisobutanizadora DA-001	20/11/2008	20/11/2013
DA-001	LG-002	LG de DA-001	*	20/12/2010
EA-001 A	Cuerpo	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 A	01/11/2011	**
EA-001 B	Cuerpo	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 B	20/04/2007	19/04/2012
EA-001 C	Cuerpo	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 C	20/11/2008	20/11/2013
EA-001 D	Cuerpo	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 D	20/11/2008	20/11/2013
EA-001 E	Cuerpo	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 E	21/11/2008	21/11/2013
EA-001 F	Cuerpo	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 F	22/10/2008	22/10/2013
EA-002	Cuerpo	Enfriador de isobutano, EA-002	20/10/2008	21/10/2013
EA-003	Carrete	Enfriador de butano, EA-003	20/04/2007	19/04/2012
EA-003	Cuerpo	Enfriador de butano, EA-003	29/04/2007	28/04/2012
FA-001	Cuerpo	Acumulador de la torre de deisobutanizadora DA-001, FA-001	20/06/2007	20/06/2012
FA-001	Pierna	Pierna de FA-001	20/06/2007	20/06/2012
FA-001	LG-003	LG de FA-001	20/12/2006	20/12/2011
FA-007	Cuerpo	Acumulador de gas combustible, FA-007	20/10/2008	20/10/2013
FA-007	LG-004	LG de FA-007	20/10/2008	20/10/2013
FA-020	Cuerpo	Tanque receptor de aire FA-020	21/10/2008	**



CAPÍTULO III. RESULTADOS



En el Anexo IX se muestra un resumen de resultados para toda la Planta Deisobutanizadora de todas las unidades de control que se capturaron a SIMECELE ordenadas alfabéticamente.

En el Anexo X se muestra un ejemplo del formato de acuerdo a la normatividad del Programa Anual de Medición de Espesores. En el Anexo XI se muestra un ejemplo del formato de acuerdo a la normatividad del Registro de Niveles y Espesores de Calibración de Tubería. En el Anexo XII se muestra un ejemplo del formato de acuerdo a la normatividad de la Inspección Visual de Tuberías de Proceso. En el Anexo XIII se muestra un ejemplo del formato de acuerdo a la normatividad del Registro de Calibraciones de Niveles de Niplería. En el Anexo XIV se muestra un ejemplo del formato de acuerdo a la normatividad del Análisis del Registro de Medición de Espesores.

Análisis de Resultados

Para esta Planta Deisobutanizadora se determinaron 31 Unidades de Control de Líneas y 18 Unidades de Control de Equipos dando un total de 49 Unidades de Control. Las líneas y equipos se clasificaron en 7 circuitos diferentes para líneas y 12 circuitos para equipos de acuerdo al servicio o fluido que manejan, sin embargo no quiere decir que sean todas las líneas que constituyen la Planta Deisobutanizadora ya que hay tuberías que manejan agua para enfriamiento o vapor para calentamiento según se requiera en el proceso como es el caso del Carrete de los intercambiadores de calor EA-001 A/B/C/D/E/F y del EA-002 ya que estos fluidos no desgastan la tubería fácilmente, así como no habría contaminación (significativa) al ambiente por fugas en dichos equipos y líneas conectadas en estos equipos.

Se realizaron 2 levantamientos de dibujos isométricos en campo de unidades de control de líneas: la UC-DIB-003, UC-DIB-029 y 1 levantamiento de unidades de control de equipos que es el medidor de nivel LG-002 (DA-001) ya que dentro de la información



CAPÍTULO III. RESULTADOS



recopilada no se presentan isométricos actualizados en los expedientes sin embargo por el servicio y condiciones de operación desgastan la tubería.

Se actualizaron y digitalizaron en AutoCAD 1 isométrico de Líneas y 1 isométrico de Equipos como ejemplo para cargarlos y visualizarlos en SIMECELE.

De acuerdo a la información contenida en los expedientes se tiene que hay 4 unidades de control de líneas que sólo tienen una fecha de medición de espesores la UC-DIB-009, UC-DIB-020, UC-DIB-024 y UC-DIB-025, así como 2 unidades de control de equipos que son el Cuerpo del EA-001 A y el Cuerpo del FA-020 por lo que se recomienda calibrarlas en un año de su última fecha de inspección.

De acuerdo al Resumen de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora que se muestra en el Anexo XI se tiene que existen:

- ✓ 16 Unidades de Control de Líneas y 4 de Equipos que tienen al menos un nivel con velocidad de desgaste crítica.
- ✓ 15 Unidades de Control de Líneas y 14 de Equipos que tienen niveles con velocidad de desgaste normal.
- ✓ Ninguna Unidad de Control con orden de emplazamiento.
- ✓ 10 Unidades de Control de Líneas y 2 de Equipos que su FPME es antes del 31 de diciembre de 2010, 1 Unidad de Control de Líneas y 1 de Equipos que su FPME es en el año 2011, 2 Unidades de Control de Líneas y 6 de Equipos que su FPME es en el año 2012, 17 Unidades de Control de Líneas y 9 de Equipos que su FPME es en el año 2013 y 1 Unidad de Control de Líneas que su FPME es en el año 2015, sin embargo considerando las Unidades de Control que tienen niveles con velocidad de desgaste crítica su FPME es más cercana.
- ✓ 16 Unidades de Control de Líneas y 2 de Equipos que su VUE es de 1 a 30 años, 4 Unidades de Control de Líneas y 2 de Equipos que su VUE es de 30 a 50 años y 4 Unidades de Control de Líneas y 11 de Equipos que su VUE es superior a los 50



CAPÍTULO III. RESULTADOS



años. Las 7 Unidades de Control de Líneas y 15 de Equipos restantes su VUE no está calculada debido a que no cuentan con por lo menos dos fechas de calibración.

- ✓ 7 Unidades de Control de Líneas y ninguna de Equipos que su FRP es antes del 31 de diciembre de 2020, 2 Unidades de Control de Líneas y 1 de Equipos que su FRP es entre los años 2021 y 2025, 1 Unidad de Control de Líneas y 1 de Equipos que su FRP es entre los años 2026 y 2030 y 16 Unidades de Control de Líneas y 13 de Equipos que su FRP es posterior al año 2030.

Cabe señalar que las Unidades de Control que tengan una VUE superior a los 50 años o su FRP después del año 2030 se debe a que no tienen alta velocidad de desgaste y al no estar cerca del límite de retiro sin embargo se recomienda que se realicen otro tipo de pruebas para corroborar el estado del material.

En la Tabla XXVI se muestran otros resultados a partir del análisis de las mediciones de espesores para todas las unidades de control de la Planta Deisobutanizadora con la implementación de SIMECELE.

Tabla XXVI. Análisis de Resultados de las Unidades de Control

Unidad de Control	Circuito	Espesor mínimo encontrado	En el nivel:	Velocidad de desgaste (normal)	Niveles con Vel. de Desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
DOMO (106-02)	DA-001	116 mils	Nivel 40 - 3 (Oriente)	0.7	0	0.0
FONDO (106-02)	DA-001	204 mils	Nivel 28 - 4 (Poniente)	0.9	0	0.0
CUERPO (106-05)	EA-001 A	212 mils	Nivel 11 - 1 (Norte)	0.0	0	0.0
CUERPO (106-06)	EA-001 B	380 mils	Nivel 13 - 2 (Sur)	3.2	0	0.0
CUERPO	EA-001 C	465 mils	Nivel 2 - 3	0.4	3	11.0



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XXVI. Análisis de Resultados de las Unidades de Control (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Espesor mínimo encontrado	En el nivel:	Velocidad de desgaste (normal)	Niveles con Vel. de Desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
(106-07)			(Oriente)			
CUERPO (106-08)	EA-001 D	346 mils	Nivel 14 - 5 (Arriba)	5.6	1	14.0
CUERPO (106-09)	EA-001 E	440 mils	Nivel 6 - 3 (Oriente)	1.1	0	0.0
CUERPO (106-10)	EA-001 F	169 mils	Nivel 15 - 2 (Sur)	0.5	1	13.6
CUERPO (106-16)	EA-002	348 mils	Nivel 2 - 3 (Oriente)	0.3	0	0.0
CARRETE (106-79)	EA-003	374 mils	Nivel 6 - 3 (Oriente)	3.2	0	0.0
CUERPO (106-31)	EA-003	409 mils	Nivel 1 - 1 (Norte)	0.9	0	0.0
CUERPO (106-12)	FA-001	590 mils	Nivel 4 - 2 (Sur)	0.2	1	34.4
PIERNA (106-12)	FA-001	420 mils	Nivel 3 - 6 (Abajo)	1.8	0	0.0
CUERPO (106-34)	FA-007	214 mils	Nivel 14 - 3 (Oriente)	1.0	0	0.0
CUERPO (106-49)	FA-020	316 mils	Nivel 11 - 5 (Arriba)	0.0	0	0.0
UC-DIB-001	Carga a DA-001	256 mils	Nivel 30 - 8 (Dentro (Garganta))	1.9	0	0.0
UC-DIB-002	Isobutano de domo de DA-001	117 mils	Nivel 4 - 4 (Poniente)	2.2	4	15.2
UC-DIB-003	Isobutano de domo de	-	-	-	-	-



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XXVI. Análisis de Resultados de las Unidades de Control (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Espesor mínimo encontrado	En el nivel:	Velocidad de desgaste (normal)	Niveles con Vel. de Desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
	DA-001					
UC-DIB-004	Isobutano de domo de DA-001	231 mils	Nivel 30 - 5 (Arriba)	4.2	0	0.0
UC-DIB-005	Isobutano	235 mils	Nivel 33 - 3 (Oriente)	0.9	0	0.0
UC-DIB-006	Isobutano	221 mils	Nivel 39 - 1 (Norte)	5.3	9	26.7
UC-DIB-007	Isobutano	182 mils	Nivel 1 - 6 (Abajo)	1.2	0	0.0
UC-DIB-008	Isobutano	124 mils	Nivel 12 - 2 (Sur)	2.3	1	66.9
UC-DIB-009	Isobutano	117 mils	Nivel 6 - 4 (Poniente)	0.0	0	0.0
UC-DIB-010	Butano	203 mils	Nivel 34 - 3 (Oriente)	4.1	14	25.7
UC-DIB-011	Butano	240 mils	Nivel 129 - 5 (Arriba)	2.2	54	44.9
UC-DIB-012	Butano	234 mils	Nivel 3 - 8 (Dentro (Garganta))	2.5	2	19.5
UC-DIB-013	Butano	216 mils	Nivel 5 - 6 (Abajo)	3.3	3	62.0
UC-DIB-014	Butano	233 mils	Nivel 3 - 8 (Dentro (Garganta))	2.0	3	14.6
UC-DIB-015	Butano	266 mils	Nivel 21 - 8 (Dentro (Garganta))	3.3	7	22.2
UC-DIB-016	Butano	242 mils	Nivel 18 - 3 (Oriente)	3.7	14	21.2



CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XXVI. Análisis de Resultados de las Unidades de Control (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Espesor mínimo encontrado	En el nivel:	Velocidad de desgaste (normal)	Niveles con Vel. de Desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
UC-DIB-017	Butano	217 mils	Nivel 5 - 6 (Abajo)	5.6	6	27.0
UC-DIB-018	Butano	216 mils	Nivel 5 - 6 (Abajo)	3.2	2	17.6
UC-DIB-019	Butano	214 mils	Nivel 4 - 1 (Norte)	2.7	8	19.7
UC-DIB-020	Butano	212 mils	Nivel 6 - 4 (Poniente)	0.0	0	0.0
UC-DIB-021	Butano	175 mils	Nivel 5 - 4 (Poniente)	1.5	5	14.0
UC-DIB-022	Butano	232 mils	Nivel 6 - 4 (Poniente)	1.0	6	22.0
UC-DIB-023	Gas combustible	217 mils	Nivel 9 - 1 (Norte)	0.5	0	0.0
UC-DIB-024	Gas combustible	121 mils	Nivel 45 - 4 (Poniente)	0.0	0	0.0
UC-DIB-025	Gas combustible	78 mils	Nivel 188 - 4 (Poniente)	2.0	10	38.3
UC-DIB-026	Gas combustible	126 mils	Nivel 33 - 4 (Poniente)	1.5	0	0.0
UC-DIB-027	Cross over del Calentador H-001	182 mils	Nivel 27 - 6 (Abajo)	0.7	0	0.0
UC-DIB-028	Desfogue	154 mils	Nivel 9 - 6 (Abajo)	5.6	0	0.0
UC-DIB-029	Desfogue	-	-	-	-	-
UC-DIB-030	Desfogue	144 mils	Nivel 24 - 4 (Poniente)	3.5	0	0.0
UC-DIB-031	Desfogue	152 mils	Nivel 28 - 6 (Abajo)	2.1	0	0.0



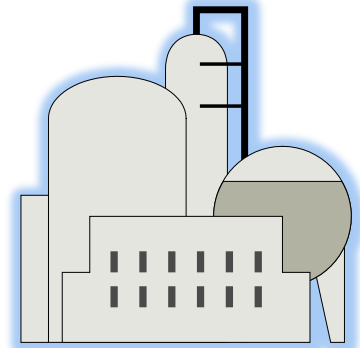
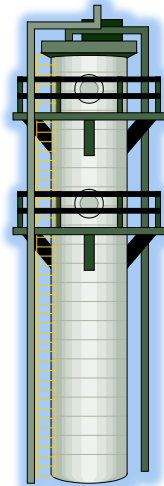
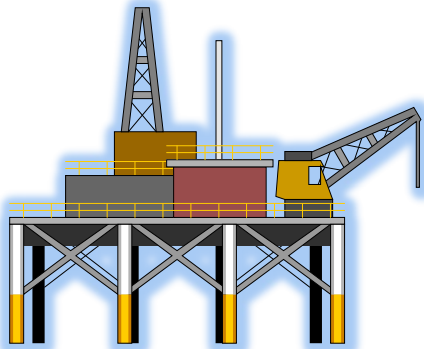
CAPÍTULO III. RESULTADOS



Tabla XXVI. Análisis de Resultados de las Unidades de Control (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Espesor mínimo encontrado	En el nivel:	Velocidad de desgaste (normal)	Niveles con Vel. de Desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
UC-DIB-LG-002	DA-001	-	-	-	-	-
UC-DIB-LG-003	FA-001	127 mils	Nivel 7 - 1 (Norte)	0.9	0	0.0
UC-DIB-LG-004	FA-007	134 mils	Nivel 1 - 6 (Abajo)	1.6	0	0.0

CAPÍTULO IV



CONCLUSIONES



CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES



Conclusiones

- ✓ Con el desarrollo de este proyecto se logró implementar un sistema de integridad mecánica computarizado en una planta Deisobutanizadora que ayuda a analizar, detectar y predecir oportunamente la disminución de espesores debajo de los límites permisibles que puedan afectar la integridad mecánica de las tuberías y equipos para tomar las medidas necesarias a fin de prevenir la falla de los mismos.
- ✓ Para una correcta implementación de SIMECELE en una planta Deisobutanizadora se realizó una revisión bibliográfica de la integridad mecánica, la normatividad vigente aplicable y del proceso de la planta.
- ✓ Se elaboraron los listados de los Circuitos de Proceso y las Unidades de Control existentes en la planta Deisobutanizadora y se identificaron en los diagramas correspondientes: DFP para Circuitos y DTÍ's para Unidades de Control.
- ✓ Se realizaron levantamientos en campo y se actualizaron dibujos isométricos de algunas Unidades de Control que los requerían.
- ✓ Se digitalizaron algunos dibujos isométricos como ejemplo en AutoCAD para mejorar la implementación de SIMECELE.
- ✓ Se recopiló, revisó y se capturó en SIMECELE la información de la medición de espesores existente en la planta Deisobutanizadora para realizar los análisis estadísticos correspondientes y obtener la velocidad de desgaste, vida útil estimada, fecha de retiro probable así como la fecha de próxima medición de espesores de líneas y equipos.
- ✓ Hay que tener presente que la seguridad de los trabajadores es invaluable por lo que hay que invertir lo más posible en cuanto a capital para proveer a los trabajadores de lo necesario para el buen desempeño de sus labores y así evitar accidentes.
- ✓ Se puede implementar SIMECELE para todas las plantas químicas que procesen o almacenen hidrocarburos empleando la misma metodología.



CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES



Ventajas de SIMECELE

Con la implementación de SIMECELE en una Planta Deisobutanizadora se ofrecen las siguientes ventajas:

- ✓ Una mejor administración de la información ya que se tendría ordenada y disponible para el personal autorizado, dentro de la planta como fuera de ella.
- ✓ Toda la información está respaldada en una base de datos y contenida en archivos electrónicos.
- ✓ Disminución de errores humanos al efectuar los cálculos.
- ✓ Compatible con equipos de medición de espesores como lo es el medidor ultrasónico DMS2, DM4, Panametrics, etc., facilitando la carga y descarga de información de la unidad de control en SIMECELE.
- ✓ Los datos registrados en SIMECELE pueden ser modificados con la aprobación del personal autorizado (Jefe Ingeniero de la Planta) debido a que SIMECELE solicita el ingreso de una contraseña para realizar cambios.
- ✓ Detecta rápidamente espesores mal medidos (espesores que presentan engrosamientos) y niveles con velocidad de desgaste normal y crítica.
- ✓ Detecta oportunamente piezas de tubería, partes o equipos que deben ser sustituidos (con orden de emplazamiento) para solicitar su fabricación o adquisición.
- ✓ Aumento en la productividad ya que minimiza considerablemente el tiempo del análisis de medición de espesores (cálculos) así como la generación y consulta de reportes.
- ✓ Un manejo práctico y rápido de la información con el Resumen de la planta generado por SIMECELE de tal manera que se pueden identificar fácilmente para cada Unidad de Control la fecha de última calibración, de próxima calibración, los niveles normales y críticos con sus respectivas velocidades de desgaste así como la fecha en que se tiene que reemplazar (emplazamiento) indicando la prioridad de los niveles o de las unidades de control.



CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

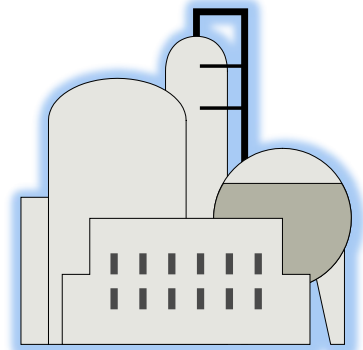
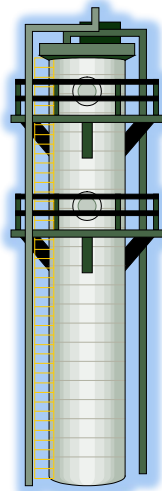
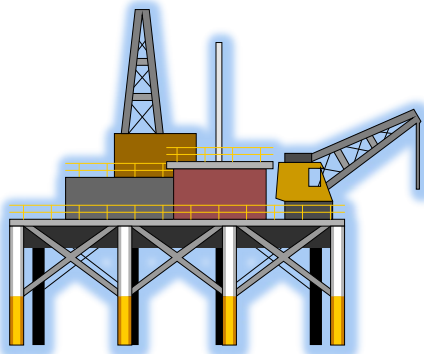


- ✓ Disminución de uso de papelería ya que toda la información se puede consultar de manera electrónica, logrando un ahorro económico así como un daño ambiental.

Recomendaciones

- ✓ Implementar un Sistema de Integridad Mecánica como lo es SIMECELE para todas las plantas químicas que procesen o almacenen hidrocarburos y sus derivados así como otros fluidos o sustancias abrasivas que desgasten tuberías y equipos.
- ✓ Capacitar eficientemente al personal indicado de la planta para que usen de manera óptima SIMECELE dependiendo de la labor que realizan en la planta.
- ✓ Continuar con las buenas prácticas en la medición de espesores usando SIMECELE.
- ✓ Verificar las velocidades de desgaste y si presentan engrosamientos en un 5% o más en niveles de las unidades de control corroborar valores de espesores nuevamente en campo.

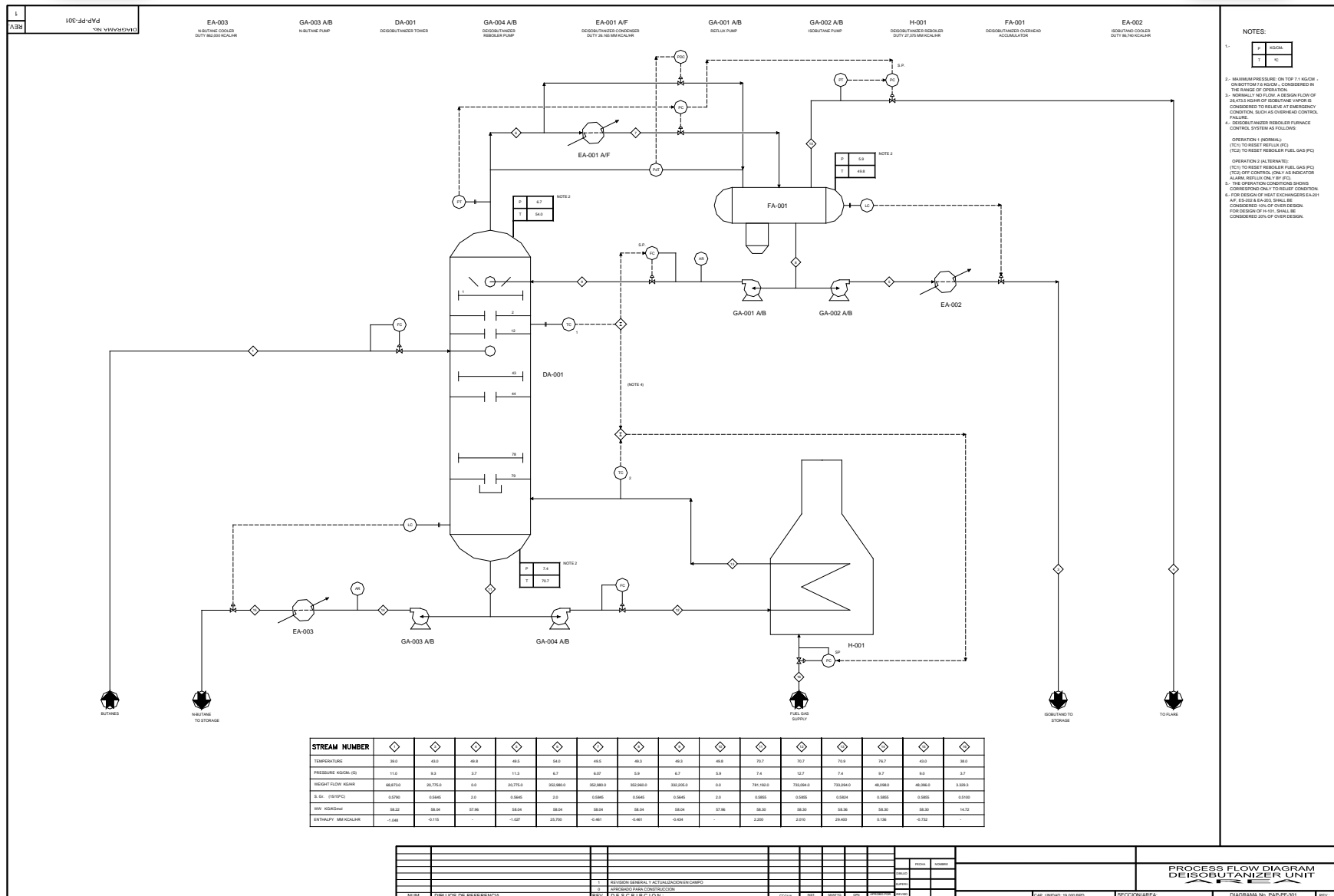
ANEXOS





ANEXO III

DFP de la Planta Deisobutanizadora



STREAM NUMBER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TEMPERATURE	39.0	49.0	49.9	49.0	54.0	49.0	49.0	49.9	49.9	70.7	70.7	70.9	70.7	43.0	39.0
PRESSURE (KG/CM ²)	11.0	9.0	9.7	11.0	6.7	6.07	5.9	6.7	5.9	7.4	12.7	7.4	9.7	9.0	9.7
WEIGHT FLOW (KG/HR)	46,875.0	20,775.0	0.0	20,775.0	302,060.0	302,060.0	302,060.0	302,060.0	0.0	791,192.0	733,094.0	733,094.0	46,860.0	46,860.0	3,329.0
S. D. (°N/100C)	0.070	0.046	2.0	0.046	0.046	0.046	0.046	2.0	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
HEAT (KJ/HR)	58.22	58.04	07.86	58.04	58.04	58.04	58.04	07.86	58.22	58.22	58.22	58.22	58.22	58.22	14.72
ENTHALPIY (MM/KCAL/HR)	-1.002	-0.116	-	-1.002	20.700	-0.461	-0.461	-0.461	-	2.000	2.000	2.000	0.100	-0.720	-

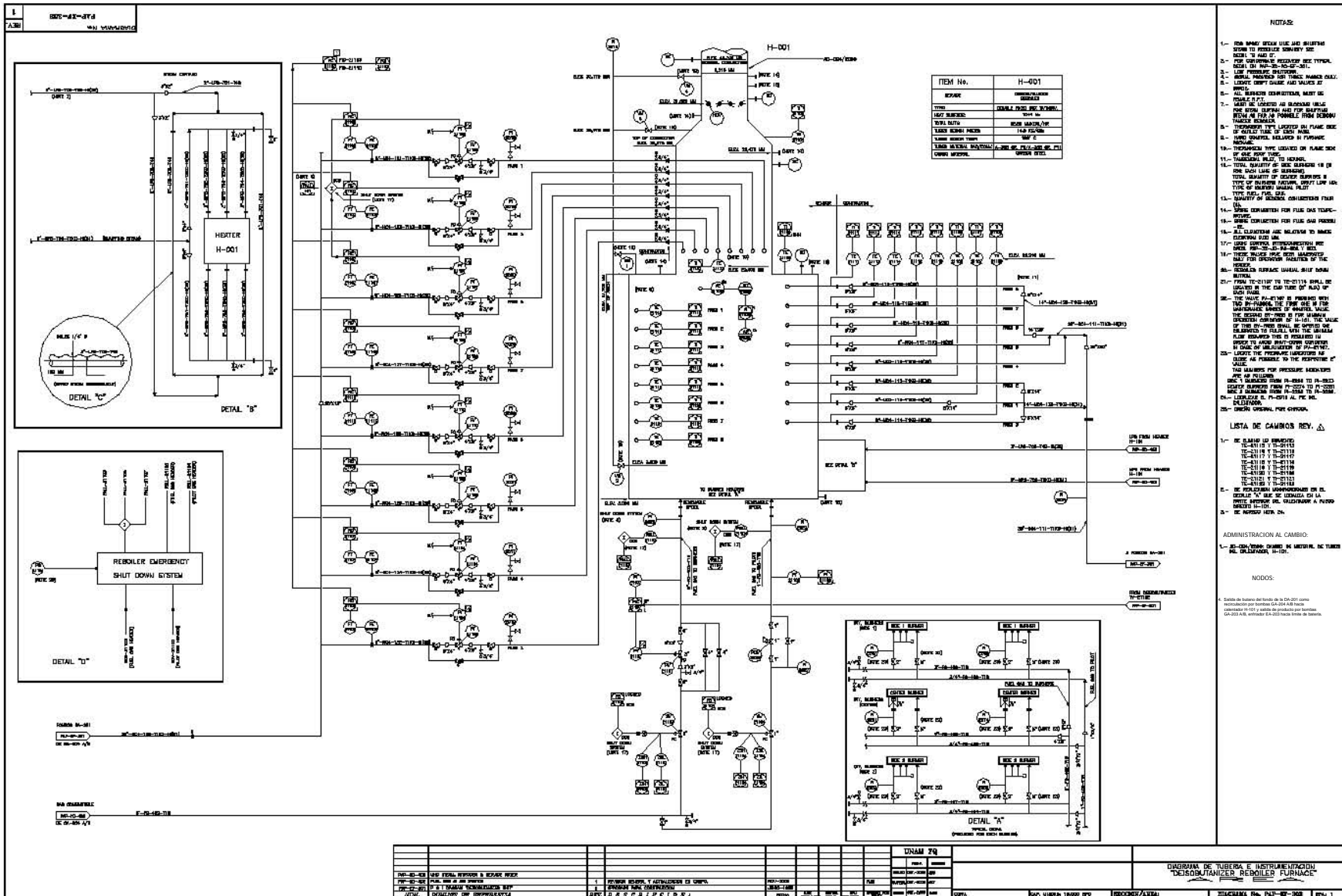
NOTES:

- | | |
|---|------------|
| S | SEGUN |
| E | EMERGENCIA |
| C | CONTROL |
- MAXIMUM PRESSURE: ON TOP 7.1 KG/CM² ON BOTTOM 6.0 KG/CM². CONSIDERED IN THE RANGE OF OPERATION.
- NORMAL FLOW: A DESIGN FLOW OF 24,675 KG/HR OF ISOBUTANE VAPOR IS CONSIDERED TO BE USE AT EMERGENCY CONDITION, SUCH AS OVERHEAD CONTROL FAILURE.
- DEISOBUTANIZER REBOILER FURNACE CONTROL SYSTEM AS FOLLOWS:
 OPERATION 1 (NORMAL):
 (FCV) TO RESET REFLUX (PIC)
 (FCV) TO RESET REFLUX FUEL GAS (PIC)
 OPERATION 2 (ALTERNATE):
 (FCV) TO RESET REFLUX FUEL GAS (PIC)
 (FCV) OF CONTROL ONLY AS INDICATOR ALARM, REFLUX ONLY (PIC)
 (FCV) OF CONTROL ONLY AS INDICATOR ALARM, REFLUX ONLY (PIC)
- THE OPERATION CONDITIONS SHOWN CONSIDERING ONLY THE DESIGN CONDITION. AF, ES-002 & EA-002 SHALL BE CONSIDERED ONE OF OUR DESIGN. FOR DESIGN OF H-001, SHALL BE CONSIDERED ONE OF OUR DESIGN.
- FOR DESIGN OF HEAT EXCHANGER EA-001, AF, ES-002 & EA-002 SHALL BE CONSIDERED ONE OF OUR DESIGN. FOR DESIGN OF H-001, SHALL BE CONSIDERED ONE OF OUR DESIGN.



ANEXO V

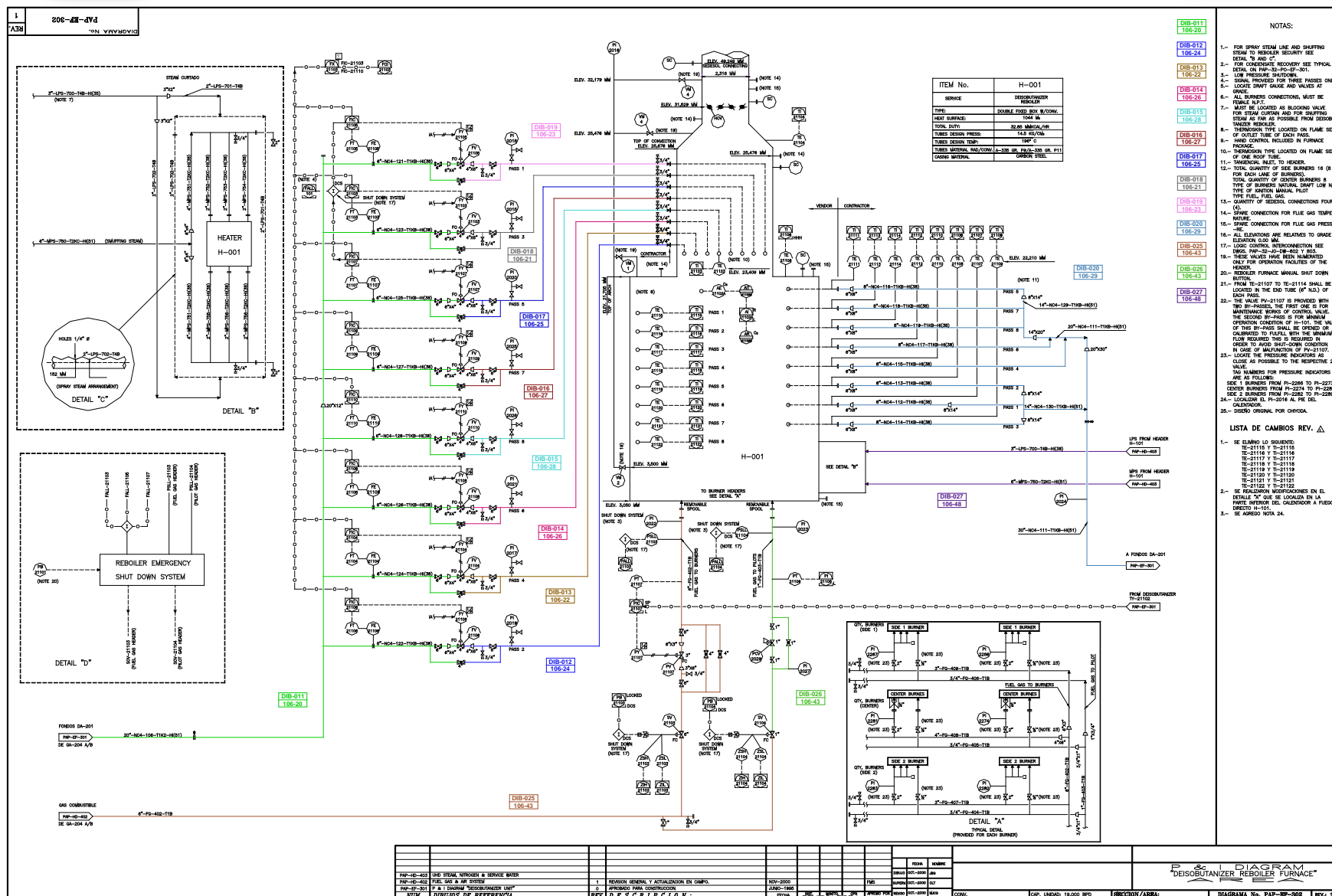
DTI de la Planta Deisobutanizadora





ANEXO VI

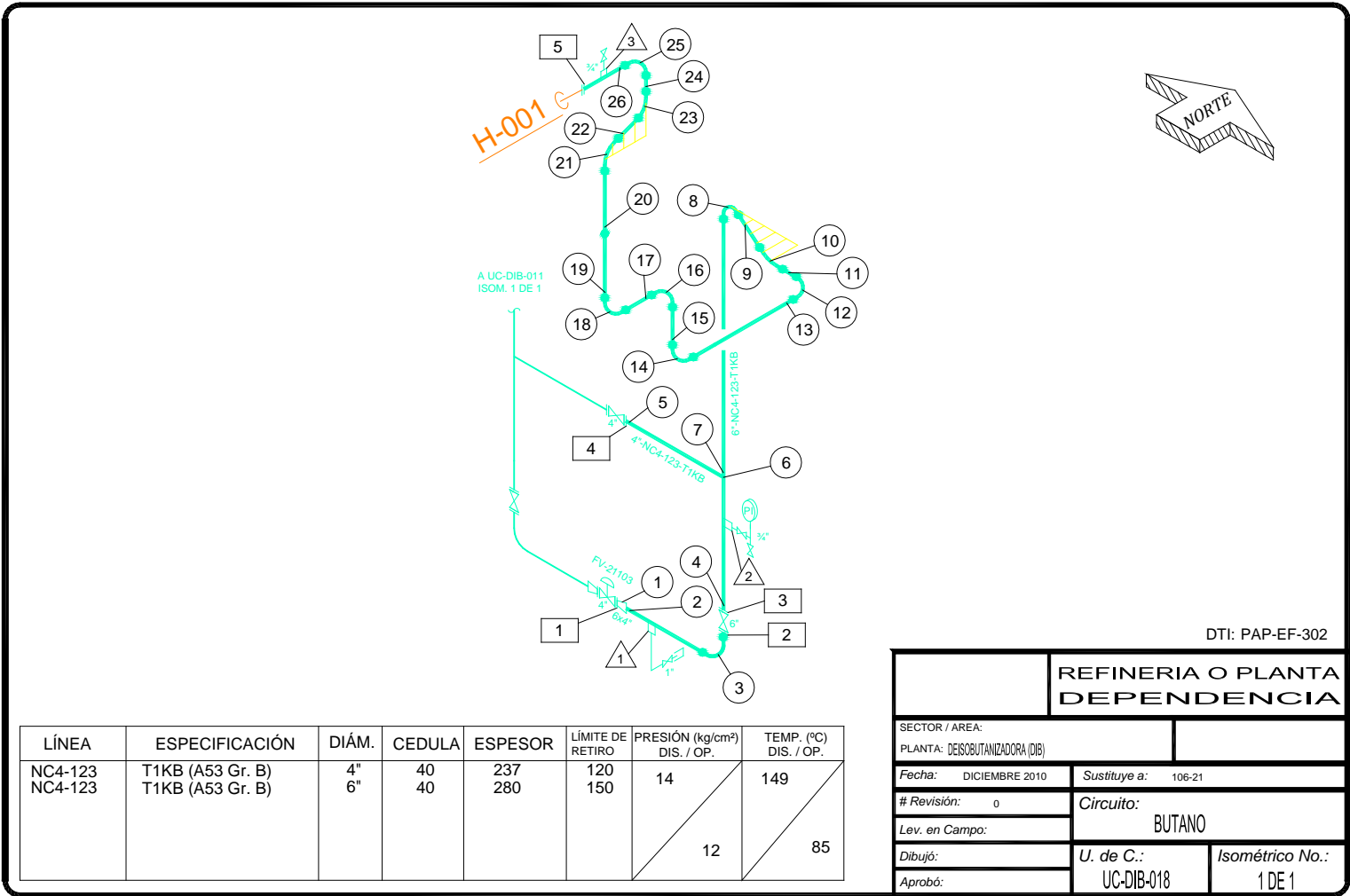
DTI con las Unidades de Control Identificadas





Isométrico digitalizado de la UC-DIB-018 (106-21)

ANEXO VII



LÍNEA	ESPECIFICACIÓN	DIÁM.	CEDULA	ESPESOR	LÍMITE DE RETIRO	PRESIÓN (kg/cm ²) DIS. / OP.	TEMP. (°C) DIS. / OP.
NC4-123	T1KB (A53 Gr. B)	4"	40	237	120	14	149
NC4-123	T1KB (A53 Gr. B)	6"	40	280	150	12	85

DTI: PAP-EF-302

REFINERIA O PLANTA DEPENDENCIA	
SECTOR / AREA:	
PLANTA: DEISOBUTANIZADORA (DIB)	
Fecha: DICIEMBRE 2010	Sustituye a: 106-21
# Revisión: 0	Circuito: BUTANO
Lev. en Campo:	
Dibujó:	U. de C.: UC-DIB-018
Aprobó:	Isométrico No.: 1 DE 1



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Una vez que se realiza la medición de espesores y se descargan los datos a SIMECELE enseguida se realiza el análisis de espesores. Como ejemplo del análisis de espesores se muestra la memoria de cálculo para la UC-DIB-018 (106-21) que consta de 26 niveles de tubería, 3 niveles de niplería y 5 niveles de tornillería. En la Tabla XXVII se muestran los espesores en milésimas de pulgada (mpulg o mils para SIMECELE) y la Velocidad de Desgaste de dos fechas diferentes.

Tabla XXVII. Espesores de niveles de tubería

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
1	Norte	261	270
	Sur	278	278
	Arriba	277	268
	Abajo	290	274
2	Norte	264	285
	Sur	278	278
	Arriba	284	258
	Abajo	276	286
3	Norte	259	274
	Sur	274	272
	Dentro (Garganta)	274	278
	Fuera (Codo)	259	249
4	Norte	287	219
	Sur	297	317
	Oriente	265	286
	Poniente	279	272
5	Norte	236	224
	Sur	234	228
	Arriba	222	233
	Abajo	217	216
6	Norte	432	407
	Sur	448	431
	Oriente	440	427



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Tabla XXVII. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
	Poniente		
7	Norte	299	278
	Sur	284	269
	Oriente	257	275
	Poniente	295	291
8	Norte	294	296
	Sur	328	289
	Dentro (Garganta)	259	281
	Fuera (Codo)	340	285
9	Norte	288	296
	Sur	306	281
	Arriba	291	296
	Abajo	285	288
10	Norte	269	307
	Sur	282	311
	Dentro (Garganta)	253	279
	Fuera (Codo)	283	317
11	Norte	282	278
	Sur	281	305
	Arriba	287	311
	Abajo	297	275
12	Arriba	316	272
	Abajo	296	270
	Dentro (Garganta)	284	283
	Fuera (Codo)	312	292
13	Oriente	290	270
	Poniente	289	288
	Arriba	292	282
	Abajo	307	296
14	Oriente	298	289
	Poniente	309	289
	Dentro (Garganta)	279	292



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Tabla XXVII. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
15	Fuera (Codo)	312	280
	Norte	279	274
	Sur	289	298
	Oriente	276	269
	Poniente	286	286
16	Oriente	297	278
	Poniente	260	268
	Dentro (Garganta)	282	261
	Fuera (Codo)	298	312
17	Oriente		272
	Poniente	298	269
	Arriba	301	297
	Abajo	296	289
18	Oriente	278	301
	Poniente	284	298
	Dentro (Garganta)	278	261
	Fuera (Codo)	304	281
19	Norte	298	253
	Sur	298	304
	Oriente	276	284
	Poniente	293	283
20	Norte		261
	Sur		307
	Oriente		312
	Poniente		263
21	Oriente	288	276
	Poniente	276	279
	Dentro (Garganta)	291	262
	Fuera (Codo)	262	261
22	Oriente	276	284
	Poniente	297	282
	Arriba	290	280



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Tabla XXVII. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	
		21-Abr-2007	01-Nov-2010
23	Abajo	301	273
	Oriente	299	314
	Poniente	273	310
	Dentro (Garganta)	269	267
	Fuera (Codo)	271	304
24	Norte		274
	Sur		291
	Oriente		288
	Poniente		274
25	Oriente	277	277
	Poniente	277	277
	Dentro (Garganta)	279	279
	Fuera (Codo)	267	267
26	Oriente	291	291
	Poniente	290	290
	Arriba	270	270
	Abajo	286	286

En la Tabla XXVIII se muestran las características de la tubería de la Unidad de Control de acuerdo al diámetro conforme a la tabla de especificaciones de tubería.

Tabla XXVIII. Características de la Tubería de la Unidad de Control

Diámetro (D) [pulg]	Espesor Original (E) [mpulg]	Límite de Retiro (Lr) [mpulg]	Espesor máximo (Emax) [mpulg]
4	237	120	267
6	280	150	315

Esta Unidad de Control consta de 26 niveles de tubería resultando 104 puntos de medición por lo tanto 104 velocidades de desgaste puntual. SIMECELE agrupa los niveles normales y los críticos e identifica los espesores mínimos de acuerdo al



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE

diámetro así como omite del análisis puntos o niveles de medición que tienen solo 1 o ninguna medición (no hay otra para realizar el análisis) y espesores que sean mayores al 5% de la medición anterior. Los valores que presenten un incremento de espesor de 0 al 5% tienen velocidad de desgaste de 0. Las ecuaciones que utiliza SIMECELE para realizar el análisis de medición de espesores se muestran en la Tabla XXIX.

Tabla XXIX. Ecuaciones para análisis de medición de espesores

Concepto	Ecuación	Unidades	Parámetros
Fecha de Medición (f)	$f = \text{año} + \frac{\text{mes} + \text{día}}{12}$	[años]	mes: equivalente en número. día: número de días entre el total del mes correspondiente.
Velocidad de desgaste puntual (d)	$d = \frac{e_i - e_f}{f_f - f_i}$	Milésimas de pulgada por año [mpa]	e_i : Espesor obtenido en la fecha f_i [mpa]. e_f : Espesor obtenido en la fecha f_f [mpa]. f_i : Fecha de medición anterior [años]. f_f : Fecha de medición que se está analizando [años].
Velocidad de desgaste promedio (D_p)	$D_p = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$	Milésimas de pulgada por año [mpa]	d_i : Velocidad de desgaste puntual [mpa]. n : número total de mediciones.
Velocidad máxima de desgaste ajustada estadísticamente (D_{max})	$D_{max} = D_p + 1.28 \frac{D_p}{\sqrt{n}}$	Milésimas de pulgada por año [mpa]	D_p : Velocidad de desgaste promedio [mpa]. n : número total de mediciones.
Vida Útil Estimada (VUE)	$VUE = \frac{e_k - L_r}{D_{max}}$	[años]	e_k : Espesor mínimo encontrado durante la inspección [mpa]. L_r : Límite de retiro [mpa].
Fecha de Próxima Medición de Espesores ($FPME$)	$FPME = f_f + \frac{VUE}{3}$	[años]	f_f : Fecha de medición que se está analizando [años]. VUE : Vida Útil Estimada
Fecha de Retiro Probable (FRP)	$FRP = f_f + VUE$	[años]	f_f : Fecha de medición que se está analizando [años]. VUE : Vida Útil Estimada



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Primeramente se convierten las fechas de medición de espesores anterior y la que se analiza en equivalencia numérica.

- ✓ Para 21 de Abril de 2007 se tiene:

$$f_i = 2007 + \frac{4 + \frac{21}{30}}{12} = 2007.39 \text{ años}$$

- ✓ Para el 1 de Noviembre de 2010 se tiene:

$$f_f = 2010 + \frac{11 + \frac{1}{30}}{12} = 2010.92 \text{ años}$$

Después se calcula la Velocidad de desgaste puntual. Para el nivel 1 de tubería se tiene que en:

- ✓ Posición norte presenta Engrosamiento por lo que se toma como 0 ya que está dentro del rango del 5% de la lectura anterior.
- ✓ Posición sur no presenta velocidad de desgaste $d=0$.
- ✓ Posición Arriba:

$$d = \frac{277 \text{ mils} - 268 \text{ mils}}{2010.92 \text{ años} - 2007.39 \text{ años}} = 2.55 \text{ mpa} \cong 2.6 \text{ mpa}$$

- ✓ Posición Abajo:

$$d = \frac{290 \text{ mils} - 274 \text{ mils}}{2010.92 \text{ años} - 2007.39 \text{ años}} = 4.53 \text{ mpa} \cong 4.53 \text{ mpa}$$

Estos cálculos se realizan a todas las posiciones y para todos los niveles. En la Tabla XXX se muestra la velocidad de desgaste de tubería para cada posición.



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Tabla XXX. Espesores de niveles de tubería

Nivel	Posición	Espesor [mils]		Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
1	Norte	261	270	0.0
	Sur	278	278	0.0
	Arriba	277	268	2.6
	Abajo	290	274	4.5
2	Norte	264	285	Engrosamiento
	Sur	278	278	0.0
	Arriba	284	258	7.4
	Abajo	276	286	0.0
3	Norte	259	274	Engrosamiento
	Sur	274	272	0.6
	Dentro (Garganta)	274	278	0.0
	Fuera (Codo)	259	249	2.8
4	Norte	287	219	19.3
	Sur	297	317	Engrosamiento
	Oriente	265	286	Engrosamiento
	Poniente	279	272	2.0
5	Norte	236	224	3.4
	Sur	234	228	1.7
	Arriba	222	233	0.0
	Abajo	217	216	0.28
6	Norte	432	407	7.1
	Sur	448	431	4.8
	Oriente	440	427	3.7
	Poniente			-
7	Norte	299	278	6.0
	Sur	284	269	4.3
	Oriente	257	275	Engrosamiento
	Poniente	295	291	1.1
8	Norte	294	296	0.0
	Sur	328	289	11.1
	Dentro (Garganta)	259	281	Engrosamiento



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Tabla XXX. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	Espesor [mils]	Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
	Fuera (Codo)	340	285	15.6
9	Norte	288	296	0.0
	Sur	306	281	7.1
	Arriba	291	296	0.0
	Abajo	285	288	0.0
10	Norte	269	307	Engrosamiento
	Sur	282	311	Engrosamiento
	Dentro (Garganta)	253	279	Engrosamiento
	Fuera (Codo)	283	317	Engrosamiento
11	Norte	282	278	1.1
	Sur	281	305	Engrosamiento
	Arriba	287	311	Engrosamiento
	Abajo	297	275	6.2
12	Arriba	316	272	12.5
	Abajo	296	270	7.4
	Dentro (Garganta)	284	283	0.3
	Fuera (Codo)	312	292	5.7
13	Oriente	290	270	5.7
	Poniente	289	288	0.3
	Arriba	292	282	2.8
	Abajo	307	296	3.1
14	Oriente	298	289	2.6
	Poniente	309	289	5.7
	Dentro (Garganta)	279	292	0.0
	Fuera (Codo)	312	280	9.1
15	Norte	279	274	1.4
	Sur	289	298	0.0
	Oriente	276	269	2.0
	Poniente	286	286	0.0
16	Oriente	297	278	5.4
	Poniente	260	268	0.0
	Dentro (Garganta)	282	261	6.0



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Tabla XXX. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Espesor [mils]	Espesor [mils]	Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
	Fuera (Codo)	298	312	0.0
17	Oriente		272	-
	Poniente	298	269	8.2
	Arriba	301	297	1.1
	Abajo	296	289	2.0
18	Oriente	278	301	-
	Poniente	284	298	0.0
	Dentro (Garganta)	278	261	4.8
	Fuera (Codo)	304	281	6.5
19	Norte	298	253	12.8
	Sur	298	304	0.0
	Oriente	276	284	0.0
	Poniente	293	283	2.8
20	Norte		261	-
	Sur		307	-
	Oriente		312	-
	Poniente		263	-
21	Oriente	288	276	3.4
	Poniente	276	279	0.0
	Dentro (Garganta)	291	262	8.2
	Fuera (Codo)	262	261	0.3
22	Oriente	276	284	0.0
	Poniente	297	282	4.3
	Arriba	290	280	2.8
	Abajo	301	273	7.9
23	Oriente	299	314	0.0
	Poniente	273	310	0.0
	Dentro (Garganta)	269	267	0.6
	Fuera (Codo)	271	304	0.0
24	Norte		274	-
	Sur		291	-
	Oriente		288	-



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



Tabla XXX. Espesores de niveles de tubería (continuación).

Nivel	Posición	Esesor [mils]	Esesor [mils]	Velocidad de Desgaste [mpa]
		21-Abr-2007	01-Nov-2010	
	Poniente		274	-
25	Oriente	277	277	0.0
	Poniente	277	277	0.0
	Dentro (Garganta)	279	279	0.0
	Fuera (Codo)	267	267	0.0
26	Oriente	291	291	0.0
	Poniente	290	290	0.0
	Arriba	270	270	0.0
	Abajo	286	286	0.0

Con estos cálculos se identifican engrosamientos, velocidades de desgaste normales, velocidades de desgaste críticas y puntos que se omiten en los cálculos ya que tienen solo uno o ningún valor de espesor y por lo tanto no se puede realizar el cálculo de la velocidad de desgaste. Se obtiene que los niveles de tubería 1 a 3, 5 a 7 y 9 a 26 son niveles normales, es decir, niveles con velocidad de desgaste normal menores a 15 mpa y los niveles 4 y 8 son niveles críticos o de atención, es decir, niveles con velocidad de desgaste crítica por que rebasan las 15 mpa. De las 104 posiciones de medición de línea que conforman la unidad de control, 73 son consideradas para el análisis de velocidad de desgaste normal, 5 posiciones se consideran de velocidad de desgaste crítica y 26 posiciones se omiten debido a que no se puede calcular la velocidad de desgaste.

De acuerdo a los niveles normales se tiene que hay dos grupos, niveles de tubería de 6" y niveles de tubería de 4".

- ✓ Para el primer grupo de 6" se tiene que el Espesor mínimo encontrado esta en el nivel 3 en la posición 7 Fuera (Codo) con 249 [mils].
- ✓ Para el segundo grupo de 4" se tiene que el Espesor mínimo encontrado esta en el nivel 5 en la posición 6 Abajo con 216 [mils].



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



De acuerdo a los niveles críticos se tiene que hay solo un grupo con niveles de tubería de 6" con un Espesor mínimo encontrado en el nivel 4 en la posición 1 Norte con 219 [mils].

Después se calcula la Velocidad de desgaste promedio:

✓ Para puntos normales:

$$D_p = \frac{0 + 0 + 2.6 + 4.5 + 0 + 7.4 + 0 + 0.6 + 0 + \dots}{73} = \frac{200.0 \text{ mpa}}{73} = 2.7 \text{ mpa}$$

✓ Para puntos críticos:

$$D_p = \frac{19.3 + 2.0 + 0 + 11.1 + 15.6}{5} = \frac{47.9 \text{ mpa}}{5} = 9.6 \text{ mpa}$$

Después se calcula la Velocidad máxima de desgaste ajustada estadísticamente:

✓ Para puntos normales:

$$D_{max} = 2.7 \text{ mpa} + 1.28 \frac{2.7 \text{ mpa}}{\sqrt{73}} = 3.2 \text{ mpa}$$

✓ Para puntos críticos (de acuerdo a la norma como "n" es menor a 32 le corresponde $t=1.86$):

$$D_{max} = 9.6 \text{ mpa} + 1.86 \frac{9.6 \text{ mpa}}{\sqrt{5}} = 17.6 \text{ mpa}$$

Después se calcula la Vida Útil Estimada para el grupo de 6":

✓ Para puntos normales:

$$VUE = \frac{249 \text{ mils} - 150 \text{ mils}}{3.2 \text{ mpa}} = 30.9 \text{ años}$$

✓ Para puntos críticos:

$$VUE = \frac{219 \text{ mils} - 150 \text{ mils}}{17.6 \text{ mpa}} = 3.9 \text{ años}$$



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE

Después se calcula la Vida Útil Estimada para el grupo de 4”:

- ✓ Para puntos normales:

$$VUE = \frac{216 \text{ mils} - 120 \text{ mils}}{3.2 \text{ mpa}} = 30.4 \text{ años}$$

- ✓ Para puntos críticos: no tiene.

Después se calcula la Fecha de Próxima Medición de Espesores para el grupo de 6”:

- ✓ Para puntos normales:

$$FPME = 2010.92 \text{ años} + \frac{30.9 \text{ años}}{3} = 2021.2 \text{ años}$$

Este resultado indica que hasta el año 2021.2 es la fecha de próxima medición de espesores por lo que de acuerdo a la normatividad no debe de exceder de 5 años por lo que en automático la fecha de próxima medición de espesores es en Noviembre de 2015.

- ✓ Para puntos críticos:

$$FPME = 2010.92 \text{ años} + \frac{3.9 \text{ años}}{3} = 2012.2 \text{ años}$$

Este resultado indica que hasta el año 2012.2 equivalente a Febrero de 2012 es la fecha de próxima medición de espesores para puntos críticos.

Después se calcula la Fecha de Próxima Medición de Espesores para el grupo de 4”:

- ✓ Para puntos normales:

$$FPME = 2010.92 \text{ años} + \frac{30.4 \text{ años}}{3} = 2021.0 \text{ años}$$

Este resultado indica que hasta el año 2021.0 es la fecha de próxima medición de espesores por lo que de acuerdo a la normatividad no debe de exceder de 5 años por lo que en automático la fecha de próxima medición de espesores es en Noviembre de 2015 al igual que el grupo de 6”.



ANEXO VIII

Memoria de cálculo de SIMECELE



- ✓ Para puntos críticos: no tiene.

La Fecha de Próxima Medición de Espesores de puntos normales es la que sea más próxima o más cercana para los distintos diámetros que integren esta Unidad de Control, en este caso para ambos diámetros coinciden en que es en Noviembre de 2015 y para puntos críticos en Febrero de 2012.

Finalmente se calcula la Fecha de Retiro Probable con base al menor valor de espesor y de menor diámetro:

- ✓ Para puntos normales, en este caso en el nivel 5 en la posición abajo:

$$FRP = 2010.92 \text{ años} + 30.4 \text{ años} = 2041.3 \text{ años}$$

La fecha de retiro probable de acuerdo a los puntos normales sería en Abril de 2041 aproximadamente.

- ✓ Para puntos críticos, en este caso en el nivel 4 en la posición norte:

$$FRP = 2010.92 \text{ años} + 3.9 \text{ años} = 2014.8 \text{ años}$$

La Fecha de Retiro Probable de acuerdo a los puntos críticos sería en Octubre de 2014 aproximadamente.

Esta memoria de cálculo se realiza para todas las Unidades de Control de Líneas y Equipos así como a los niveles de Niplería, empleando los mismos criterios que se mencionan anteriormente.



ANEXO IX

Resumen de las Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora



TABLA XXXI. Resumen de SIMECELE de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora

Unidad de Control	Circuito	Descripción	Fecha de Última Inspección	Fecha de Próxima Inspección	Velocidad de desgaste (normal)	Vida Útil Estimada (años)	Espesor mínimo encontrado	Nivel con espesor mínimo	Fecha de Retiro Probable (FRP)	Fecha de próxima inspección para puntos críticos	Número de niveles con velocidad de desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
DOMO (106-02)	DA-001	Domo de Torre deisobutanizadora DA-001	20/11/2008	20/11/2009	0.7	-	116 mils	Nivel 40 - 3 (Oriente)	Después de 2030	-	0	0.0
FONDO (106-02)	DA-001	Fondo de Torre deisobutanizadora DA-001	20/11/2008	20/11/2009	0.9	-	204 mils	Nivel 28 - 4 (Poniente)	Después de 2030	-	0	0.0
CUERPO (106-05)	EA-001 A	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 A	01/11/2011	01/11/2012	0.0	-	212 mils	Nivel 11 - 1 (Norte)	-	-	0	0.0
CUERPO (106-06)	EA-001 B	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 B	20/04/2007	19/04/2012	3.2	47.4	380 mils	Nivel 13 - 2 (Sur)	Después de 2030	-	0	0.0
CUERPO (106-07)	EA-001 C	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 C	20/11/2008	20/11/2013	0.4	>50 años	465 mils	Nivel 2 - 3 (Oriente)	Después de 2030	20/11/2013	3	11.0
CUERPO (106-08)	EA-001 D	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 D	20/11/2008	20/11/2013	5.6	45.8	346 mils	Nivel 14 - 5 (Arriba)	Después de 2030	20/11/2013	1	14.0
CUERPO (106-09)	EA-001 E	Condensador de torre deisobutanizadora DA-001, EA-001 E	21/11/2008	21/11/2013	1.1	>50 años	440 mils	Nivel 6 - 3 (Oriente)	Después de 2030	-	0	0.0
CUERPO	EA-001 F	Condensador de torre	22/10/2008	22/10/2013	0.5	>50 años	169 mils	Nivel 15 -	Después	22/10/2013	1	13.6



ANEXO IX

Resumen de las Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora



TABLA XXXI. Resumen de SIMECELE de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Descripción	Fecha de Última Inspección	Fecha de Próxima Inspección	Velocidad de desgaste (normal)	Vida Útil Estimada (años)	Espesor mínimo encontrado	Nivel con espesor mínimo	Fecha de Retiro Probable (FRP)	Fecha de próxima inspección para puntos críticos	Número de niveles con velocidad de desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
(106-10)		deisobutanizadora DA-001, EA-001 F						2 (Sur)	de 2030			
CUERPO (106-16)	EA-002	Enfriador de isobutano, EA-002	20/10/2008	21/10/2013	0.3	>50 años	348 mils	Nivel 2 - 3 (Oriente)	Después de 2030	-	0	0.0
CARRETE (106-79)	EA-003	Enfriador de butano, EA-003	20/04/2007	19/04/2012	3.2	>50 años	374 mils	Nivel 6 - 3 (Oriente)	Después de 2030	-	0	0.0
CUERPO (106-31)	EA-003	Enfriador de butano, EA-003	29/04/2007	28/04/2012	0.9	>50 años	409 mils	Nivel 1 - 1 (Norte)	Después de 2030	-	0	0.0
CUERPO (106-12)	FA-001	Acumulador de la torre de deisobutanizadora DA-001, FA-001	20/06/2007	20/06/2012	0.2	>50 años	590 mils	Nivel 4 - 2 (Sur)	Después de 2030	27/08/2011	1	34.4
PIERNA (106-12)	FA-001	Pierna de FA-001	20/06/2007	20/06/2012	1.8	>50 años	420 mils	Nivel 3 - 6 (Abajo)	Después de 2030	-	0	0.0
CUERPO (106-34)	FA-007	Acumulador de gas combustible, FA-007	20/10/2008	20/10/2013	1.0	>50 años	214 mils	Nivel 14 - 3 (Oriente)	Después de 2030	-	0	0.0
CUERPO (106-49)	FA-020	Tanque receptor de aire FA-020	21/10/2008	21/10/2009	0.0	-	316 mils	Nivel 11 - 5 (Arriba)	-	-	0	0.0
UC-DIB-001 (106-01)	01. Carga a DA-001	De L.B. a DA-001	20/10/2008	21/10/2013	1.9	>50 años	256 mils	Nivel 30 - 8 (Dentro (Garganta))	Después de 2030	-	0	0.0



ANEXO IX

Resumen de las Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora



TABLA XXXI. Resumen de SIMECELE de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Descripción	Fecha de Última Inspección	Fecha de Próxima Inspección	Velocidad de desgaste (normal)	Vida Útil Estimada (años)	Espesor mínimo encontrado	Nivel con espesor mínimo	Fecha de Retiro Probable (FRP)	Fecha de próxima inspección para puntos críticos	Número de niveles con velocidad de desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
UC-DIB-002 (106-04)	02. Isobutano de domo de DA-001	De domo de DA-001 a EA-001 A/F	23/11/2008	11/06/2011	2.2	7.6	117 mils	Nivel 4 - 4 (Poniente)	15/07/2016	23/11/2009	4	15.2
UC-DIB-003 (S/EXP)	02. Isobutano de domo de DA-001	De EA-001 A/C/E a FA-001	-	20/12/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
UC-DIB-004 (106-11)	02. Isobutano de domo de DA-001	De EA-001 B/D/F a FA-001	23/09/2007	31/12/2010	4.2	9.8	231 mils	Nivel 30 - 5 (Arriba)	17/07/2017	-	0	0.0
UC-DIB-005 (106-13)	03. Isobutano	De fondo de FA-001 a Bomba GA-001 A/B y GA-002 A/B	23/11/2008	23/11/2013	0.9	>50 años	235 mils	Nivel 33 - 3 (Oriente)	Después de 2030	-	0	0.0
UC-DIB-006 (106-14)	03. Isobutano	De GA-001 A/B a domo de DA-001	23/11/2008	01/11/2010	5.3	5.8	221 mils	Nivel 39 - 1 (Norte)	16/09/2014	23/11/2009	9	26.7
UC-DIB-007 (106-15)	03. Isobutano	De GA-002 A/B a EA-002	20/10/2008	20/10/2013	1.2	>50 años	182 mils	Nivel 1 - 6 (Abajo)	Después de 2030	-	0	0.0
UC-DIB-008 (106-17)	03. Isobutano	De EA-002 a FA-003	24/10/2008	27/03/2012	2.3	10.3	124 mils	Nivel 12 - 2 (Sur)	30/01/2019	24/10/2009	1	66.9
UC-DIB-009 (106-50)	03. Isobutano	De FA-001 a FA-003	27/11/2008	27/11/2009	0.0	-	117 mils	Nivel 6 - 4 (Poniente)	-	-	0	0.0



ANEXO IX

Resumen de las Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora



TABLA XXXI. Resumen de SIMECELE de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Descripción	Fecha de Última Inspección	Fecha de Próxima Inspección	Velocidad de desgaste (normal)	Vida Útil Estimada (años)	Espesor mínimo encontrado	Nivel con espesor mínimo	Fecha de Retiro Probable (FRP)	Fecha de próxima inspección para puntos críticos	Número de niveles con velocidad de desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
UC-DIB-010 (106-19)	04. Butano	De fondo de DA-001 a bombas GA-004 A/B y GA-003 A/B	22/11/2008	07/10/2010	4.1	5.6	203 mils	Nivel 34 - 3 (Oriente)	04/07/2014	22/11/2009	14	25.7
UC-DIB-011 (106-20)	04. Butano	De GA-004 A/B a FV-21103/21110	20/11/2008	21/11/2013	2.2	22.3	240 mils	Nivel 129 - 5 (Arriba)	Después de 2030	20/11/2009	54	44.9
UC-DIB-012 (106-24)	04. Butano	De FV-21106 a H-001	23/10/2008	24/10/2013	2.5	33.8	234 mils	Nivel 3 - 8 (Dentro (Garganta))	Después de 2030	14/03/2010	2	19.5
UC-DIB-013 (106-22)	04. Butano	De FV-21104 a H-001	01/10/2008	01/10/2013	3.3	28.9	216 mils	Nivel 5 - 6 (Abajo)	Después de 2030	01/10/2009	3	62.0
UC-DIB-014 (106-26)	04. Butano	De FV-21108 a H-001	24/11/2008	24/11/2013	2.0	42.4	233 mils	Nivel 3 - 8 (Dentro (Garganta))	Después de 2030	18/11/2010	3	14.6
UC-DIB-015 (106-28)	04. Butano	De FV-21110 a H-001	01/11/2008	01/11/2013	3.3	35.1	266 mils	Nivel 21 - 8 (Dentro (Garganta))	Después de 2030	01/11/2009	7	22.2
UC-DIB-016 (106-27)	04. Butano	De FV-21109 a H-001	24/11/2008	24/11/2013	3.7	24.6	242 mils	Nivel 18 - 3 (Oriente)	Después de 2030	24/11/2009	14	21.2
UC-DIB-017 (106-25)	04. Butano	De FV-21107 a H-001	24/11/2008	24/11/2013	5.6	17.4	217 mils	Nivel 5 - 6 (Abajo)	23/04/2026	24/11/2009	6	27.0
UC-DIB-018 (106-21)	04. Butano	De FV-21103 a H-001	01/11/2010	01/11/2015	3.2	30.4	216 mils	Nivel 5 - 6 (Abajo)	Después de 2030	22/02/2012	2	17.6



ANEXO IX

Resumen de las Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora



TABLA XXXI. Resumen de SIMECELE de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Descripción	Fecha de Última Inspección	Fecha de Próxima Inspección	Velocidad de desgaste (normal)	Vida Útil Estimada (años)	Espesor mínimo encontrado	Nivel con espesor mínimo	Fecha de Retiro Probable (FRP)	Fecha de próxima inspección para puntos críticos	Número de niveles con velocidad de desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
UC-DIB-019 (106-23)	04. Butano	De FV-21105 a H-001	23/11/2008	24/11/2013	2.7	23.2	214 mils	Nivel 4 - 1 (Norte)	Después de 2030	23/11/2009	8	19.7
UC-DIB-020 (106-29)	04. Butano	De H-001 a fondo de DA-001	20/11/2001	20/11/2002	0.0	-	212 mils	Nivel 6 - 4 (Poniente)	-	-	0	0.0
UC-DIB-021 (106-30)	04. Butano	De GA-003 A/B a EA-003	20/11/2008	20/11/2013	1.5	16.9	175 mils	Nivel 5 - 4 (Poniente)	15/11/2025	27/06/2011	5	14.0
UC-DIB-022 (106-32)	04. Butano	De EA-003 a TE-009/010	20/10/2008	20/10/2013	1.0	>50 años	232 mils	Nivel 6 - 4 (Poniente)	Después de 2030	20/10/2009	6	22.0
UC-DIB-023 (106-33)	05. Gas combustible	De L.B. a FA-007	20/10/2008	20/10/2013	0.5	>50 años	217 mils	Nivel 9 - 1 (Norte)	Después de 2030	-	0	0.0
UC-DIB-024 (106-36)	05. Gas combustible	De fondo de FA-007 a Cabezal de desfogue y cabezal de gas combustible	27/11/2008	27/11/2009	0.0	-	121 mils	Nivel 45 - 4 (Poniente)	-	-	0	0.0
UC-DIB-025 (106-43)	05. Gas combustible	De FA-007 a quemador H-001	20/04/2008	20/04/2009	2.0	-	78 mils	Nivel 188 - 4 (Poniente)	Después de 2030	20/04/2009	10	38.3
UC-DIB-026 (106-43)	05. Gas combustible	De FA-007 a pilotos de H-001	20/04/2008	20/04/2013	1.5	24.9	126 mils	Nivel 33 - 4 (Poniente)	Después de 2030	-	0	0.0
UC-DIB-027 (106-48)	06. Cross-Over	Cross over del calentador H-001	28/11/2008	28/11/2009	0.7	2.8	182 mils	Nivel 27 - 6 (Abajo)	17/09/2014	-	0	0.0



ANEXO IX

Resumen de las Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora



TABLA XXXI. Resumen de SIMECELE de Unidades de Control de la Planta Deisobutanizadora (continuación).

Unidad de Control	Circuito	Descripción	Fecha de Última Inspección	Fecha de Próxima Inspección	Velocidad de desgaste (normal)	Vida Útil Estimada (años)	Espesor mínimo encontrado	Nivel con espesor mínimo	Fecha de Retiro Probable (FRP)	Fecha de próxima inspección para puntos críticos	Número de niveles con velocidad de desgaste crítica	Velocidad de desgaste (crítica)
UC-DIB-028 (106-39)	07. Desfogue	Cabezal de Desfogue	20/05/2008	04/06/2010	5.6	6.1	154 mils	Nivel 9 - 6 (Abajo)	02/07/2014	-	0	0.0
UC-DIB-029 (S/EXP)	07. Desfogue	De FA-007 a PSV-2258	-	20/12/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
UC-DIB-030 (106-80)	07. Desfogue	De GA-004 B a Cabezal de desfogue	28/04/2007	27/04/2012	3.5	15.3	144 mils	Nivel 24 - 4 (Poniente)	19/08/2022	-	0	0.0
UC-DIB-031 (106-81)	07. Desfogue	De GA-004 A a Cabezal de desfogue	29/11/2008	29/11/2013	2.1	28.9	152 mils	Nivel 28 - 6 (Abajo)	Después de 2030	-	0	0.0
UC-DIB-LG-002 (S/EXP)	DA-001	LG de DA-001	-	20/12/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
UC-DIB-LG-003 (106-52)	FA-001	LG de FA-001	20/12/2006	20/12/2011	0.9	16.4	127 mils	Nivel 7 - 1 (Norte)	14/08/2025	-	0	0.0
UC-DIB-LG-004 (106-35)	FA-007	LG de FA-007	20/10/2008	20/10/2013	1.6	21.8	134 mils	Nivel 1 - 6 (Abajo)	14/08/2030	-	0	0.0



ANEXO X

Programa anual de medición de espesores

PROGRAMA ANUAL DE MEDICIÓN DE ESPESORES			
CENTRO DE TRABAJO			
SECTOR O AREA			
PLANTA O INSTALACION			
CIRCUITO	UNIDAD DE CONTROL	PROGRAMA DE PRÓXIMA MEDICIÓN DE ESPESORES	
		AÑO	AÑO
		E F M A M J J A S C N D	E F M A M J J A S C N D



ANEXO XI

Registro de niveles y espesores de calibración de tubería



INSPECCIÓN TEC. Y SEGURIDAD IND.																		
REGISTRO DE NIVELES DE CALIBRACIÓN DE TUBERÍA																		
PLANTA:		CIRCUITO:				CIRCUITO:				CIRCUITO:				DIBUJO				
NIVEL DE CALIBRACIÓN	DIAM NOM	LIMITE DE RETIRO	LOCALIZACIÓN	FECHA:			FECHA:			FECHA:			FECHA:					
	ESP. ORIG			CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMS2	VLOCIDAD DE DESGASTE: MPA)	CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMS2	VLOCIDAD DE DESGASTE: MPA)	CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMS2	VLOCIDAD DE DESGASTE: MPA)	CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMS2
OBSERVACIONES																		



ANEXO XII

Inspección visual de tuberías de proceso



INSPECCIÓN EXTERNA DE TUBERÍAS DE PROCESO		
PLANTA _____	CIRCUITO _____	FECHA _____
ANOMALIAS	ESTADO	
1. FUGAS		
Proceso		
Indicio de vapores		
2. DESALINEAMIENTO		
Desalineamiento de tuberías		
Desalineamiento de junta de expansión		
3. VIBRACIÓN		
Peso colgado excesivo		
Soportes inadecuados		
Tubería de pequeño calibre		
Conexiones roscadas		
Soportes sueltos por deterioro metálico		
4. SOPORTE		
Patines de soporte		
Colgantes deformados o fracturados		
Resortes fuera de su apoyo		
Abrazadera deformada o fracturada		
Ménsulas sueltas		
Placas y rodillos deslizantes		
Contrapesos		
Soportes con corrosión		
5. CORROSIÓN		
Partes de soporte bajo grampas		
Recubrimiento y pintura deteriorada		
Interfase suelo-aire		
Superficie de contacto del aislamiento		
Productos biológicos		
6. AISLAMIENTO		
Daños perforaciones		
Aislamiento extraviado/ envoltura		
Sello deteriorado		
Abultamiento		
OBSERVACIONES ADICIONALES _____		



ANEXO XIII

Registro de calibraciones de niveles de niplería



DIBUJO: CIRCUITO O EQUIPO:					ARREGLO BASICO NO.: DIAMETRO:		
REGISTRO DE CALIBRACIONES DE NIPLERÍA							
PUNTO DE CALIBRACION	PIEZA CALIBRADA	1ª CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	2ª CALIBRACION FECHA: 05/0.75	DESGAST E MPY	VIDA UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
PUNTO DE CALIBRACION	PIEZA CALIBRADA	1ª CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	2ª CALIBRACION FECHA:	DESGAST E MPY	VIDA UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES							



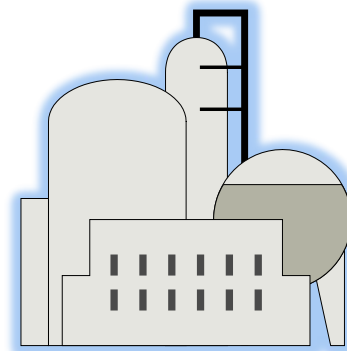
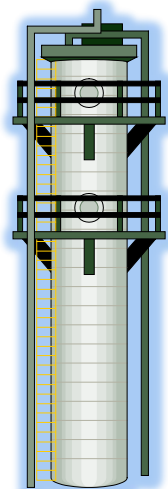
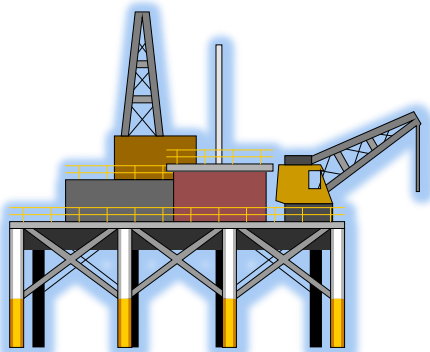
ANEXO XIV

Análisis del registro de medición de espesores



CENTRO DE TRABAJO							
SECTOR O AREA							
PLANTA O INSTALACION							
CIRCUITO							
UNIDAD DE CONTROL							
FECHA DE ANALISIS	FECHA DE ULTIMA MEDICION	FECHA CONTRA LA QUE SE ANALIZA	NO. DE PUNTOS COMPLETOS	VELOCIDAD E DESGASTE (MPA)	FECHA PROXIMA DE MEDICION F.P.M.E.	FECHA DE RETIRO PROBABLE F.R.P.	TEMP. DE MEDICIÓN (° C)

GLOSARIO





GLOSARIO



Con el fin de normalizar el lenguaje utilizado y evitar confusiones, en la Tabla XXXIII se describen las definiciones de los conceptos que se manejan en presente escrito.

Tabla XXXII. Definición de algunos conceptos

Concepto	Definición
Análisis de la estadística	Es el análisis formal que se ejecuta de acuerdo a los datos de medición de espesores de pared, para determinar las fechas de próxima medición, velocidad de corrosión, vida útil estimada y fecha de retiro probable de tuberías y equipos.
Análisis preliminar	Es el análisis inmediato que debe realizarse comparando los espesores obtenidos en ese momento con los de mediciones anteriores y con el límite de retiro.
Circuito	Se considera como «circuito», el conjunto de líneas y equipos que manejen un fluido de la misma composición, pudiendo variar en sus diferentes partes las condiciones de operación.
Equipo	Son todos aquellos dispositivos (recipientes, cambiadores, tanques de almacenamiento, bombas, etc.) que conjuntamente con las líneas integran los circuitos. Cabe hacer notar que éstos por lo general, se encuentran sujetos a corrosión variable, por lo que las unidades de control en este caso pueden ser equipos enteros o partes de los mismos que presenten similares condiciones de corrosión.
Fecha de próxima medición de espesor (FPME)	Es la fecha en la cual debe efectuarse la siguiente medición de la unidad de control (próximo periodo de inspección), de acuerdo al análisis de la estadística.
Fecha de retiro probable (FRP)	Es la fecha en la cual se estima que debe retirarse la unidad de control, por haber llegado al término de su vida útil estimada.
Intranet	Una red de equipos que es interna a una organización y es compatible con aplicaciones de Internet. La mayoría de las intranet están configuradas de forma que sus usuarios puedan tener acceso a Internet sin permitir que los usuarios de Internet tengan acceso a los equipos de la Intranet.
Límite de retiro	Es el espesor con el cual deben retirarse los tramos de tubería y equipos de acuerdo con sus condiciones de diseño.
Línea	Es el conjunto de tramos de tubería y accesorios (tee, codo, reducción, válvula, etc.) que manejen el mismo fluido a las mismas condiciones de operación. Normalmente esto se cumple para la tubería localizada entre dos equipos en la dirección de flujo.
Líneas y equipos críticos	Son aquellos cuyas velocidades de desgaste exceden el valor de 15 milésimas de pulgada por año (15 mpa) puntual o promedio.



GLOSARIO



Tabla XXXII. Definición de algunos conceptos (continuación).

Concepto	Definición
Medición de espesores de pared	Actividad en la cual se mide el espesor por medios ultrasónicos, radiográficos, electromagnéticos, mecánicos o la combinación de ellos.
Medición preventiva de espesores	Es el trabajo de medición sistemática de espesores de pared en tuberías y equipos.
Nivel de Medición	Es el conjunto de posiciones de medición de espesores de pared que se deben efectuar en un mismo sitio de una tubería o equipo, por ejemplo, las cuatro mediciones que se hacen en una tubería de diámetro usual, las mediciones que se hacen en un recipiente o cambiador alrededor de una boquilla (4 o más), etc., lo anterior de acuerdo con los dibujos números 1, 2, 3 y 4.
Niveles de Equipo	Se toman niveles de equipo: <ul style="list-style-type: none">✓ Cada boquilla es un nivel de medición, con cuatro posiciones cada uno.✓ Antes y después de cada brida de equipo (que une al haz de tubos con la carcaza y la tapa) se tienen dos niveles de medición, de 4 a 8 posiciones (según diámetro).✓ Al final de la tapa se toma un nivel de medición.✓ Cada placa es un nivel de medición.✓ En la zona de transición: 1 nivel en cada zona.✓ Nivel de líquido/fondo: 1 nivel.✓ Cuerpo-zonas de vapores: los niveles que sean necesarios en zonas críticas.
Niveles de niplería	Se toman niveles de niplería: <ul style="list-style-type: none">✓ En una purga.✓ En un dren.✓ En una toma de instrumento.✓ En un termopozo.✓ En un medidor de flujo.✓ En un venteo.✓ Cuando sea un arreglo típico para un termopar (termocople: cople, línea de proceso, brida, niple y termopar).
Niveles de tornillería	Se toman niveles de tornillería: <ul style="list-style-type: none">✓ Válvulas o bridas terminales (final de línea de proceso).✓ Medidores de flujo.✓ Bridas.✓ Todas las bridas unidas a boquillas de equipos, deberán ser consideradas como un nivel de inspección de tornillería.



GLOSARIO



Tabla XXXII. Definición de algunos conceptos (continuación).

Concepto	Definición																																											
Niveles de tubería	Se toman niveles de tubería: <ul style="list-style-type: none">✓ Después de cada soldadura.✓ En un injerto.✓ En los codos.✓ En la reducción.✓ En la unión de la "T".✓ En la unión de los filtros.✓ Después de un medidor de flujo.✓ Después de una brida.																																											
Pieza de tubería	Es el tramo recto de tubería o accesorio (tee, codo, reducción, válvula, etc.) colocado entre bridas, soldaduras o roscas. El conjunto de "piezas de tubería" integrará por lo tanto, las "líneas".																																											
Posición o punto de Medición	Es el lugar en donde se mide el espesor de pared. Para el caso de los equipos el número de puntos de medición por cada nivel para una torre o recipiente debe estar en función de su perímetro: <table border="1" data-bbox="716 1052 1252 1493"><thead><tr><th colspan="4">Perímetro</th><th rowspan="2">Puntos por nivel</th></tr><tr><th colspan="2">Desde</th><th colspan="2">Hasta</th></tr><tr><th>cm</th><th>in</th><th>cm</th><th>in</th></tr></thead><tbody><tr><td>Menor</td><td>Menor</td><td>300</td><td>118</td><td>4</td></tr><tr><td>301</td><td>118.5</td><td>400</td><td>157</td><td>6</td></tr><tr><td>401</td><td>158</td><td>600</td><td>236</td><td>8</td></tr><tr><td>601</td><td>237</td><td>800</td><td>315</td><td>12</td></tr><tr><td>801</td><td>315.5</td><td>1200</td><td>472</td><td>16</td></tr><tr><td>1201</td><td>473</td><td>Mayor</td><td>Mayor</td><td>24</td></tr></tbody></table> <p>En el caso de que sean placas los puntos de medición se indican en la unión de las soldaduras.</p>	Perímetro				Puntos por nivel	Desde		Hasta		cm	in	cm	in	Menor	Menor	300	118	4	301	118.5	400	157	6	401	158	600	236	8	601	237	800	315	12	801	315.5	1200	472	16	1201	473	Mayor	Mayor	24
Perímetro				Puntos por nivel																																								
Desde		Hasta																																										
cm	in	cm	in																																									
Menor	Menor	300	118	4																																								
301	118.5	400	157	6																																								
401	158	600	236	8																																								
601	237	800	315	12																																								
801	315.5	1200	472	16																																								
1201	473	Mayor	Mayor	24																																								
Saneamiento de la estadística	Es el trabajo consistente en repetir la medición de espesores en aquellos equipos, líneas, piezas, etc., así como en aquellos puntos, cuya velocidad de desgaste sea muy diferente al típico obtenido para la línea o equipo de que se trate.																																											
Unidad de Control	Se definen como secciones de circuitos que tengan una velocidad de corrosión más o menos homogénea tal como 0 a 8 mpa, de 8 a 15 mpa, de 15>mpa (milésimas de pulgada por año).																																											



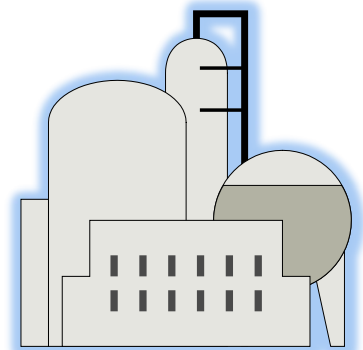
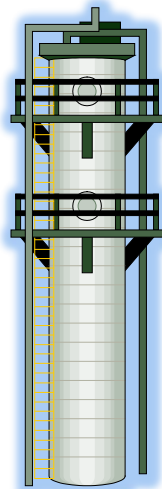
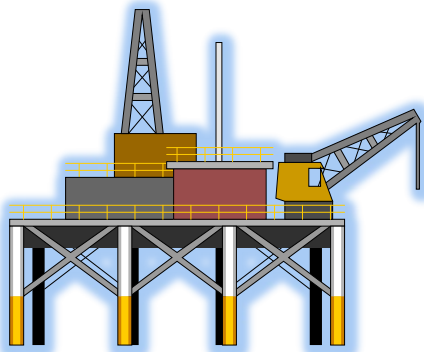
GLOSARIO



Tabla XXXII. Definición de algunos conceptos (continuación).

Concepto	Definición
Vaciado de datos	Es transferir las lecturas de los espesores obtenidos en el campo a un registro permanente llamado también "Registro de medición de espesores".
Velocidad de desgaste (Rapidez de desgaste)	Es la rapidez con la cual disminuye el espesor de una pared. Ordinariamente, se calcula comparando los espesores obtenidos en mediciones efectuadas en dos fechas consecutivas con mínimo de un año de diferencia.
Velocidad de desgaste crítica	Es la velocidad de desgaste que excede 15 milésimas de pulgada por año (15 mpa), puntual o promedio.
Verificación de puntos sospechosos	Es repetir la medición de los puntos cuyos espesores de acuerdo al análisis preliminar, arrojan dudas sobre su veracidad, por observarse "disparados" con respecto a los que por lógica sería recomendable encontrar. Se incluyen aquí aquellos casos donde por una u otra causa no se pudo obtener ningún valor.
Vida útil estimada (VUE)	Es el tiempo estimado que debe transcurrir antes de que la unidad de control llegue a su límite de retiro.

REFERENCIAS



BIBLIOGRÁFICAS



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



1. "Integridad Mecánica",
http://www.reliarisk.com/nuevo/index.php?option=com_content&task=view&id=300&Itemid=91
2. Seguridad Industrial",
<http://www.gestiopolis.com/canales/emprendedora/articulos/17/segindustria.html>
3. MUÑOZ ANTONIO, et. al., "La Metodología de la Seguridad Industrial".
4. FERRER GIMENEZ, CARLOS y AMIGO BORRAS, VICENTE, "Tecnología de materiales" Editorial de la UPV, España, 2003.
5. VAN DRAFFELAARLT, "Corrosion and Control an Introduction to the Subject", National Associations of Corrosion Engineers, Houston Texas, EEUU, 1995.
6. TREJO JUAREZ, VANESSA, Tesis "Propuesta para Implementar un Sistema de Medición de Espesores en Líneas y Equipos de la Sección de Fraccionamiento de una Planta F.C.C.", Facultad de Química, UNAM, 2006.
7. "Corrosión en Tuberías" http://www.monografias.com/corrosion_tuberias/
8. "Selección de un Inhibidor de Corrosión",
<http://www.cimcool.ca/html/spanish/documents/SelecciondeunInhibidoreCorrosion.pdf>
9. AVILA ZAMUDIO Juan Carlos, Tesis "Mantenimiento a Equipo de Operaciones Unitarias", Facultad de Química UNAM, México 2001.
10. ING. LEÓN ALEGRÍA Carlos, "Mantenimiento Industrial", Centro Nacional de Productividad, PDF.
11. "Mantenimiento Industrial", <http://www.mantenimiento-predictivo.com>
12. "Teoría y Prácticas de Ensayos No Destructivos", IPN México.
13. Instructivo del DMS2 Utilizado para la Medición de Espesores.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



14. Norma DG-SASIPA-IT-00204 "Guía para el Registro, Análisis y Programación de Medición Preventiva de Espesores", Febrero, 2010.
15. Norma GPEI-IT-0201 Rev. 0, "Procedimiento de revisión de niplería de plantas en operación".
16. Norma DG-GPASI-IT-0903 Rev. 3, "Procedimiento para efectuar la revisión de la tornillería de tuberías y equipos en las instalaciones en operación de PEMEX-Refinación".