



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA
INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS Y EQUIPOS DE UNA ESTACIÓN DE
BOMBEO DE HIDROCARBUROS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA:

GERARDO ALDANA SANTOS



MEXICO DF

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: JOSE ANTONIO ORTIZ RAMIREZ

VOCAL: Profesor: JUAN MARIO MORALES CABRERA

SECRETARIO: Profesor: MODESTO JAVIER CRUZ GOMEZ

1er. SUPLENTE: Profesor: JOAQUIN RODRIGUEZ TORREBLANCA

2° SUPLENTE: Profesor: ALFONSO DURAN MORENO

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

ASESOR

DR. MODESTO JAVIER CRUZ GÓMEZ

SUPERVISOR TÉCNICO

I.Q. SANDRA CASTRO ESCOBEDO

SUSTENTANTE:

GERARDO ALDANA SANTOS

AGRADECIMIENTOS

A mis amigos: los de hace años y los que ido conociendo.

A mi universidad UNAM, pero en especial a la Facultad de Química y a todos los profesores que formaron parte de mi preparación.

A mis hermanos: Consuelo, Alejandra, Yuvi, Mauricio, Felipe y a todos mis sobrinos, que dan mucha lata pero quiero mucho.

A Sandra Castro Escobedo mi asesora técnica, por orientarme, guiarme y corregirme tanto en el trabajo como en esta tesis.

Al grupo CEASPA, por darme la oportunidad de participar en el proyecto.

Y el más especial y grande de los agradecimientos para la persona que toda mi vida ha estado a mi lado, compartiendo cada logro, también tropiezos, pero que no ha dudado en apoyarme en ningún momento, y que sin la cual haber llegado hasta este punto no tendría sentido, con todo mi amor, respeto y con profunda admiración a mi madre GLORIA SANTOS HERNÁNDEZ.

INDICE

INDICE DE FIGURAS2

INDICE DE TABLAS3

RESUMEN1

OBJETIVOS3

OBJETIVOS GENERALES3

OBJETIVOS PARTICULARES.....3

1. MARCO TEORICO4

1.1. SEGURIDAD INDUSTRIAL.....4

1.2. CORROSION5

1.2.1.PROBLEMÁTICA DE LA CORROSIÓN6

1.2.2.NATURALEZA DE LA CORROSIÓN6

1.2.3.TIPOS DE CORROSIÓN7

1.2.4.CONTROL DE LA CORROSIÓN8

1.2.5.DENTRO DE UNA ESTACION DE BOMBEO.....9

1.3. INTEGRIDAD MECANICA.....9

1.3.1.ELEMENTOS DE INTEGRIDAD MECÁNICA.....10

1.3.2.FASES DE LA INTEGRIDAD MECANICA.....11

2. MEDICION PREVENTIVA DE ESPESORES EN ESTACIONES DE BOMBEO DE
HIDROCARBUROS.....12

2.1. ESTACIONES DE BOMBEO DE HIDROCARBUROS12

2.1.1.OLEODUCTOS12

2.1.2.CÓMO FUNCIONA UN OLEODUCTO13

2.1.3.POLIDUCTOS13

2.2. SUSTANCIAS QUE MANEJA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO14

2.3. ESTRUCTURA DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO.....15

2.3.1.TUBERÍAS Y EQUIPOS15

2.3.2.TIPOS DE TUBERIAS16

2.3.3.ACESORIOS.....16

2.3.4.VÁLVULAS17

2.3.5.TRAMPAS DE DIABLOS18

2.3.6.PATINES DE MEDICIÓN.....19

2.3.7.BOMBAS (CABEZAL DE SUCCIÓN Y DESCARGA).....20

2.3.8.TANQUES ATMOSFÉRICOS.....21

2.4. MEDICIÓN DE ESPESORES22

2.4.1.PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS (PND)23

2.5. MEDICIÓN PREVENTIVA DE ESPESORES EN LINEAS Y EQUIPOS23



2.5.1.TUBERIAS	24
2.5.2.NIPLERÍA	24
2.5.3.TORNILLERIA	25
2.6. APLICACIÓN DE LA INSPECCION TECNICA CON SIMECELE.....	26
2.6.1.ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
3. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN	30
3.1. SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL DE ESPESORES EN LÍNEAS Y EQUIPOS (SIMECELE).....	30
3.2. SECUENCIA PARA LA MEDICION DE ESPESORES CON SIMECELE	31
3.3. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SIMECELE	32
3.3.1.RECOPILAR INFORMACIÓN	32
3.3.2.CENSO DE CIRCUITOS.....	32
3.3.3.CENSO DE UNIDADES DE CONTROL.....	35
3.3.4.LEVANTAMIENTO.....	41
3.3.5.DIGITALIZACIÓN.....	43
3.3.6.EMPATE	47
3.3.7.CARGA A SIMECELE	51
4. RESULTADOS	68
4.1. INFORMACION RECOPIADA.....	69
4.2. CENSO DE CIRCUITOS.....	69
4.3. CENSO DE UNIDADES DE CONTROL.....	70
4.3.1.DIAGRAMAS DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES DE CONTROL.....	75
4.4. DIAGRAMAS PARA LA MEDICIÓN DE ESPESORES	76
4.4.1.LISTA DE MATERIALES	80
4.5. UNIDADES DE CONTROL CAPTURADAS EN EL SIMECELE	80
5. CONCLUSIONES.....	85
ANEXOS	88
ARREGLOS BASICOS DE NIPLERIA.....	88
PÚNTOS DE MEDICION EN TUBERIAS, TEE’S, CODOS Y CODOS OBSTRUIDOS	89
EJEMPLOS DE ISOMETRICOS:	92
ISOMETRICO DEL ANILLO 1 DEL TANQUE TV101.....	92
ISOMETRICO DEL CUERPO DE LA BOMBA BA-1.....	93
ISOMETRICO DE LINEAS DE LA UNIDAD DE CONTROL 032.....	94
TABLA DE REFERENCIA PARA ESPECIFICACION DE MATERIALES	95
6. BIBLIOGRAFIA	96

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS EN MÉXICO	14
FIGURA 2. ESQUEMA DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO.....	15
FIGURA 3. TRAMPA DE DIABLO TÍPICA EN UNA ESTACIÓN DE BOMBEO	19
FIGURA 5. BOMBA EN ESTACIÓN DE BOMBEO.....	21
FIGURA 6 .TANQUE DE ALMACENAMIENTO TÍPICO EN ESTACIÓN DE BOMBEO	22



FIGURA 7.EQUIPO PARA LA MEDICIÓN DE ESPESORES POR ULTRASONIDO 23

FIGURA 9. NORTE PARA EL LEVANTAMIENTO 41

FIGURA 10. DIBUJO ISOMÉTRICO REALIZADO EN AUTO CAD CON LA AYUDA DE LA BARRA DE HERRAMIENTAS QUIT DRAW 47

FIGURA 11. COMPARACIÓN DE ISOMÉTRICOS 49

FIGURA 12. FORMATO PARA REALIZAR EMPATES 50

FIGURA 13. VENTANA DE BIENVENIDA DEL SIMECELE..... 51

FIGURA 14. PANTALLA DE OPCIONES DE CAPTURA EN SIMECELE..... 52

FIGURA 15. VENTANA DE ASIGNACIÓN DE LICENCIADOR A UNA PLANTA 52

FIGURA 16. VENTANA PARA CARGAR ESPECIFICACIONES DE MATERIAL 53

FIGURA 17. VENTANA PARA AGREGAR UN SECTOR..... 53

FIGURA 18. VENTANA DE CAPTURA DE PLANTA 54

FIGURA 19. VENTANA DE CARGA DE CIRCUITO 54

FIGURA 20. VENTANA DE SELECCIÓN DE SERVICIOS..... 55

FIGURA 21. VENTANA DE CARGA DE PERSONAL 55

FIGURA 22. VENTANA DE DATOS GENERALES 56

FIGURA 23. VENTANA DE ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL 56

FIGURA 24. VENTANA DE RANGO DE OPERACIÓN 57

FIGURA 25. VENTANA DE CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE CONTROL..... 57

FIGURA 26. VENTANA DE LISTA DE DIÁMETROS..... 58

FIGURA 27. VENTANA DE CAPTURA DE NIVELES 58

FIGURA 28. VENTANA DE NIVELES DE NIPLERÍA..... 59

FIGURA 29. VENTANA DE NIVELES DE TORNILLERÍA 59

FIGURA 30. VENTANA DE RESUMEN 60

FIGURA 31. VENTANA DE DATOS GENERALES PARA UC DE EQUIPOS..... 60

FIGURA 32. VENTANA DE CONDICIONES DE OPERACIÓN Y DISEÑO 61

FIGURA 33. VENTANA DE NIVELES DE EQUIPO 61

FIGURA 34. VENTANA DE REGISTRO DE INSPECCIÓN..... 62

FIGURA 35. VENTANA DE CAPTURA DE DATOS DE INSPECCIÓN..... 63

FIGURA 36. VENTANA DE CAPTURA DE INSPECCIONES DE NIPLERÍA..... 64

FIGURA 37. VENTANA DE CAPTURA DE REVISIÓN VISUAL DE NIPLERÍA..... 64

FIGURA 38. VENTANA DE CAPTURA DE INSPECCIONES DE TORNILLERÍA..... 65

FIGURA 39. VENTANA DE VALIDACIÓN DE INSPECCIÓN..... 65

FIGURA 40. DIAGRAMA DE FLUJO DE METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE SIMECELE..... 67

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 PERIODOS DE INSPECCIÓN PARA TORNILLERÍA 26

TABLA 2. INFORMACIÓN RECOPIADA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO 69

TABLA 3. CENSO FINAL DE CIRCUITOS DE LÍNEAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO 69

TABLA 4. CENSO FINAL DE EQUIPOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO..... 70



TABLA 5. CENSO FINAL DE UNIDADES DE CONTROL DE LÍNEAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO 70

TABLA 6. CENSO FINAL DE UNIDADES DE CONTROL DE EQUIPOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO . 74

TABLA 7. DESCRIPCIÓN DE LOS DTI'S UTILIZADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES DE CONTROL..... 75

TABLA 8. ISOMÉTRICOS OBTENIDOS POR UNIDAD DE CONTROL DE LÍNEAS 76

TABLA 9. ISOMÉTRICOS OBTENIDOS POR UNIDAD DE CONTROL DE EQUIPOS 79

TABLA 10. MATERIALES DE LOS CUALES ESTÁN HECHAS LAS TUBERÍAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO 80

TABLA 11. DATOS ESPECÍFICOS DE CLASE DE MATERIAL CARGAD A SIMECELE 80

TABLA 12. UNIDADES DE CONTROL DE LÍNEAS CAPTURADAS EN SIMECELE CON ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO 81

TABLA 13. UNIDADES DE CONTROL DE EQUIPOS CAPTURADAS EN SIMECELE CON ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO 83

RESUMEN

UN POCO DE HISTORIA.....

Aunque ya existían antecedentes de la explotación del petróleo en México, fue hasta 1882 cuando se inician en Tampico, Tamaulipas. trabajos de exploración en forma sistemática. En 1900 se llevaron a cabo las primeras perforaciones en San Luis Potosí y ocho años después inició operaciones la primera refinería, de la casa Pesaron, en Minatitlán. La Revolución Mexicana de 1910 poco afectó al desarrollo de la industria petrolera en nuestro país. En 1916 brotó el que en su tiempo fue considerado el pozo petrolero de mayor producción en el mundo, Cerro azul 4, situado a 237 kilómetros al sur de Tampico. Se calcula en más de un millón y medio de metros cúbicos de gases los que salieron antes de que apareciera el petróleo. Para 1938, cuando el presidente Lázaro Cárdenas declaró la nacionalización de la industria petrolera, existían casi 400 compañías explotadoras y se habían perforado poco más de 200 pozos en el país. A partir de entonces, Petróleos Mexicanos (PEMEX) ha sido la empresa encargada de administrar todo lo relativo a los hidrocarburos en México¹.

De ese modo con el paso de los años se ha tenido un gran desarrollo en infraestructura para el proceso de refinación del petróleo, lo que a su vez a desencadenado la construcción de terminales de almacenamiento y reparto, centros de operación marítima, y lo que hace que todos estos centros de trabajo estén interconectados entre sí, una gran red de ductos, regidos por una o varias estaciones de bombeo.

El transportar un hidrocarburo ya sea crudo o procesado de un centro de trabajo a otro es el objetivo fundamental de una estación de bombeo, por lo cual para llevar a cabo esta actividad en óptimas condiciones es imprescindible cumplir con dos aspectos, esto para garantizar la salvaguarda de las instalaciones, el personal y el medio ambiente . El primero de ellos mantener y monitorear las condiciones de operación del proceso, y el segundo tener un control adecuado de la integridad

mecánica de las instalaciones de la estación de bombeo. Ambos conllevan a prevenir cualquier clase de incidente, que pudiera dañar algo más que las instalaciones.

En la presente tesis nos enfocaremos en el segundo aspecto, es decir; en el cómo tener un control adecuado de la integridad mecánica, esto mediante el uso de El Sistema De Medición y Control De Espesores De Líneas Y Equipos (SIMECELE), software diseñado en la Facultad de Química de la UNAM, con el fin de regularizar la metodología de registro y análisis en cuanto a la medición preventiva de espesores en centros de trabajo, puesto que SIMECELE nace de la necesidad de administrar de manera adecuada la integridad mecánica de las instalaciones de cualquiera de estos centros. Para una Estación De Bombeo se darán a conocer los requerimientos necesarios, así como la metodología llevada a cabo para lograr implementar dicho sistema de manera satisfactoria.

El proceso de implementación del SIMECELE se comenzó por la recopilación de información en las instalaciones de la Estación de Bombeo. La información recopilada corresponde a diagramas propios de las instalaciones, como Diagramas de Flujo de Proceso, DFP's, o en su caso maquetas en donde se observe la distribución de líneas y equipos. También se recopilaron los Diagramas de Tubería e Instrumentación, los isométricos y expedientes de inspección para la medición de espesores de la estación. Además, se solicitó que se proporcionaran las especificaciones de materiales de tubería de la estación.

Después de realizar la recopilación de la información, se procedió a hacer un análisis de ella, posteriormente se realizó la revisión en campo de la Estación

El siguiente paso que se realizó, fue la digitalización de los diagramas de inspección, isométricos, en el programa Auto CAD ®

Para finalizar el proceso de implementación del SIMECELE, se procedió la captura de datos sobre la estación de bombeo en el sistema.

Con base al análisis realizado por el sistema SIMECELE respecto a las fechas próximas de calibración, puntos de medición bajos, etc. se realizaron ciertas recomendaciones para la estación de bombeo con la finalidad de mantener la integridad de la estación y la seguridad del personal que labora en ella.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

1. Desarrollar una metodología de implementación del sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos de proceso en una Estación de Bombeo de Hidrocarburos.
2. Conocer las bases y fundamentos de la técnica de medición preventiva de espesores.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1. Identificar los beneficios de contar con un sistema como SIMECELE para llevar la administración de la integridad mecánica de una Estación de Bombeo.
2. Encontrar aspectos a mejorar en el desarrollo de la metodología implementación del sistema

1. MARCO TEORICO

1.1. SEGURIDAD INDUSTRIAL

Desde el origen mismo de la especie humana y debido a la necesidad innata de proveerse de alimentos y medios de subsistencia, surge el trabajo y en consecuencia la existencia de accidentes y enfermedades producto de la actividad laboral.

Con el inicio de la revolución industrial en Europa, los procesos y ambientes de trabajo se transformaron radicalmente, la principal característica de este periodo fue el inicio del uso de máquinas con el objetivo de aumentar la velocidad con que se desarrollaba el trabajo y mediante este método, incrementar también la productividad y las ganancias.

Desde luego estos cambios repercutieron en la salud y bienestar de los trabajadores, en la mayoría de los casos de manera negativa; los accidentes de trabajo incrementaron su incidencia y aparecieron enfermedades profesionales hasta entonces desconocidas creadas por los nuevos agentes agresores utilizados durante los procesos de trabajos.

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos en la industria. Parte del supuesto de que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión.

Los principales riesgos en la industria están vinculados a los accidentes, que pueden tener un importante impacto ambiental y perjudicar a regiones enteras, aún más allá de la empresa donde ocurre el siniestro.

La seguridad industrial, por lo tanto, requiere de la protección de los trabajadores (con las vestimentas necesarias, por ejemplo) y su monitoreo médico, la implementación de controles técnicos y la formación vinculada al control de riesgos.²

Cabe destacar que no se puede tener 100% de seguridad industrial, ya que es imposible garantizar que nunca se producirá ningún tipo de accidente. De todas formas, su misión principal es trabajar, para prevenir siniestros.

Un aspecto muy importante de la seguridad industrial es el uso de estadísticas, que le permite advertir en qué sectores suelen producirse los accidentes para extremar las precauciones. De todas formas, como ya dijimos, se trabaja por el objetivo de cero accidentes.

La innovación tecnológica, el recambio de maquinarias, la capacitación de los trabajadores y los controles habituales son algunas de las actividades vinculadas a la seguridad industrial.

No puede obviarse que, muchas veces, las empresas deciden no invertir en seguridad para ahorrar costos, lo que pone en riesgo la vida de los trabajadores. De igual forma, el Estado tiene la obligación de controlar la seguridad, algo que muchas veces no sucede por negligencia o corrupción.

Cabe añadir que el medio ambiente juega un papel importante en el desarrollo de la seguridad, puesto que no se puede tener control en la magnitud de un desastre natural que afecte las actividades o los centros de trabajo. Y hay algunos otros que si bien no se pueden evitar si, puede generarse un plan de acción para minimizar su impacto tal es el caso de la corrosión de tuberías.

1.2. CORROSION

“Degradación o deterioro de un material por efecto del electrolito o medio en que se encuentra, los metálicos como el acero sufren una reacción electroquímica debido a la interacción con el medio.”

Nótese que hay otras clases de daños, como los causados por medios físicos. Ellos no son considerados plenamente corrosión, sino *erosión* o *desgaste*. Existen, además, algunos casos en los que el ataque químico va acompañado de daños físicos y entonces se presenta una *corrosión-erosiva*, *desgaste corrosivo* o *corrosión por fricción*.³

1.2.1. PROBLEMÁTICA DE LA CORROSIÓN

Como se dijo en la definición de la Corrosión, ésta se presenta solamente en Metales. Por lo mismo, una de las mayores problemáticas es que la corrosión afecte a estos elementos. Ello implica muchos tipos de problemas, de los cuales la mayoría son bastante serios, a los que nos referiremos más adelante, ya que primero conviene conocer las diversas clases de corrosión existentes.

Aún así, mencionemos que este proceso en sus variadas formas (dentro de las cuales se puede presentar) va produciendo un deterioro considerable en las clases de metales que afecta, los cuales con el tiempo, si no son tratados, inducen a su completa destrucción, lo cual implica también enormes pérdidas económicas y de producción.

1.2.2. NATURALEZA DE LA CORROSIÓN

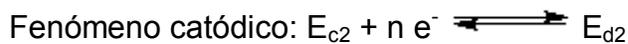
La corrosión se subdivide en:

1. Química.
2. Electroquímica.

Corrosión química. Por corrosión química se entiende la destrucción del metal u otro material por la acción de gases o líquidos no electrolíticos (gasolina, aceites etc.) Un ejemplo típico de corrosión química es la oxidación química de metales a altas temperaturas. En la corrosión química, sobre la superficie del metal se forma una película de óxidos. La solidez de esta película es diferente para los diferentes metales y aleaciones.

Corrosión Electroquímica. La corrosión es un proceso electroquímico en el cual un metal reacciona con su medio ambiente para formar óxido o algún otro compuesto. La celda que causa este proceso está compuesta esencialmente por tres componentes: un ánodo, un cátodo y un electrolito (la solución conductora de electricidad). El ánodo es el lugar donde el metal es corroído: el electrolito es el

medio corrosivo; y el cátodo, que puede ser parte de la misma superficie metálica o de otra superficie metálica que esté en contacto, forma el otro electrodo en la celda y no es consumido por el proceso de corrosión. En los procesos de corrosión electroquímica de los metales se tiene simultáneamente un paso de electrones libres entre los espacios anódicos y catódicos vecinos, separados entre sí, según el esquema siguiente⁴:



1.2.3. TIPOS DE CORROSIÓN

Las tuberías de proceso pueden verse afectadas por alguna de las siguientes tipos de corrosión

Localizada: En este caso, la destrucción se produce en algunas regiones de la superficie del metal. La corrosión local aparece como resultado de la rotura de la capa de protección de óxidos u otra; de los puntos afectados la corrosión se propaga al interior del metal.

General o Uniforme: Es aquella corrosión que se produce con el adelgazamiento uniforme producto de la pérdida regular del metal superficial. A su vez, esta clase de corrosión se subdivide en otras:

Atmosférica: De todas las formas de corrosión, la Atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando la sal, los compuestos de sulfuro y otros contaminantes atmosféricos están presentes.

Galvánica: La corrosión Galvánica es una de las más comunes que se pueden encontrar. Es una forma de corrosión acelerada que puede ocurrir cuando metales distintos (con distinto par redox) se unen eléctricamente en presencia de un electrolito (por ejemplo, una solución conductiva)⁵.

Corrosión por Picadura o “Pitting”: Es altamente localizada, se produce en zonas de baja corrosión generalizada y el proceso (reacción) anódico produce unas pequeñas “picaduras” en el cuerpo que afectan. Esta clase de corrosión posee algunas otras formas derivadas:

Corrosión por Fricción o *Fretting*: es la que se produce por el movimiento relativamente pequeño (como una vibración) de 2 sustancias en contacto, de las que una o ambas son metales⁶.

1.2.4. CONTROL DE LA CORROSIÓN

Luego de haber descrito la corrosión y sus formas, es momento de ver qué conocimientos se tienen hoy en día para prevenirla.

1. Selección de materiales. Cada metal y aleación tiene un comportamiento único e inherente ante la corrosión que se ve reflejado en la posición que toma en la serie electroquímica de metales o en una serie galvánica.

2. Recubrimientos. Los recubrimientos para la protección contra la corrosión se pueden dividir en dos grandes grupos: los metálicos y los no metálicos (orgánicos e inorgánicos). Con cualquier tipo de recubrimiento que se seleccione el objetivo es el mismo: aislar la superficie metálica del medio corrosivo. El concepto de aplicación de un recubrimiento con un metal más noble sobre un metal activo se basa en la ventaja de una mayor resistencia a la corrosión del metal noble.

3. Inhibidores. Así como algunas especies químicas (las sales, por ejemplo) causan corrosión, otras especies químicas la inhiben. Los cromatos, silicatos y aminas orgánicas son inhibidores comunes. Los mecanismos de inhibición pueden ser un poco complejos. En el caso de las aminas orgánicas, el inhibidor es adsorbido sobre los sitios anódicos y catódicos y anula la corriente de corrosión. Otras promueven la formación de una película protectora sobre la superficie del metal⁷.

4. Protección catódica. La protección catódica suprime la corriente de corrosión que causa el daño en una celda de corrosión e impulsa la corriente para dirigirla a

la estructura metálica que se va proteger. De esta manera, se previene la corrosión o disolución del metal.

5. Diseño. La aplicación de principios de diseño puede eliminar muchos problemas de corrosión y reduce el tiempo y costo asociados con el mantenimiento y reparación⁸.

1.2.5. DENTRO DE UNA ESTACION DE BOMBEO

Las instalaciones superficiales de ductos a proteger para evitar o minimizar la corrosión, son:

- a) Tuberías de llegada y salida y patines de distribución de estaciones de compresión y bombeo
- b) Tuberías de llegada y salida y patines de regulación de estaciones de medición y regulación.
- c) Válvulas de seccionamiento.
- d) Trampas de envío y recibo de diablos.
- e) Cruces aéreos.
- f) Cabezales e interconexiones⁹.

De esta manera si se conoce como actúa la corrosión, se podrá diseñar una metodología para poder llevar un control adecuado de la integridad mecánica de las instalaciones.

1.3. INTEGRIDAD MECANICA

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, y/o reemplazado oportunamente para prevenir fallas, accidentes o potenciales riesgos a personas, instalaciones y al ambiente. Estableciendo los criterios basado en data histórica, normas y regulaciones organizacionales, nacionales e internacionales como OSHA, ASME, ANSI, ISO, API, NACE, NOM, entre otras.

La filosofía de integridad mecánica es aplicable en diferentes fases que van desde el diseño de los equipos hasta su desincorporación. 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 operas mantienes (inspeccionas, reparas)¹⁰.

Además para todos los recursos humanos son todos los esfuerzos que enfocamos en asegurar que la integridad de los sistemas que contenga fluidos peligrosos sea mantenida durante toda la vida de la instalación. Cubre la vida de las instalaciones desde la fase de diseño, fabricación, instalación ó construcción, operación y mantenimiento hasta su desmantelamiento para garantizar la protección al personal, la comunidad, el medio ambiente y las instalaciones

La Integridad Mecánica Mantiene en óptimas condiciones las líneas de defensa:

- Identificando el equipo crítico.
- Seleccionando las técnicas de inspección y pruebas.
- Seleccionando las tácticas de mantenimiento.
- Elaborando los procedimientos.
- Capacitando.
- Documentando¹¹.

1.3.1. ELEMENTOS DE INTEGRIDAD MECÁNICA

Los elementos que conforman o componen la Integridad Mecánica en cualquier instalación de proceso son los siguientes:

- Aseguramiento de la Calidad de equipos.
- Procedimientos de mantenimiento.
- Capacitación en Mantenimiento.

- Control de Calidad de Materiales de Mantenimiento y Partes de Repuesto.
- Inspecciones y Pruebas.
- Reparaciones y Modificaciones.
- Ingeniería de Confiabilidad.
- Auditorías.

1.3.2. FASES DE LA INTEGRIDAD MECANICA

- Integridad Mecánica En El Diseño.
- Integridad Mecánica En La Procura.
- Integridad Mecánica En La Fabricación.
- Integridad Mecánica En La Construcción.
- Integridad Mecánica En La Operación.
- Integridad Mecánica En La Desincorporación De Activos.
- Integridad Mecánica En Mantenimiento: Está fundamentada en la fase de 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 mantenimiento¹².

2. MEDICION PREVENTIVA DE ESPESORES EN ESTACIONES DE BOMBEO DE HIDROCARBUROS

2.1. ESTACIONES DE BOMBEO DE HIDROCARBUROS

La técnica de medición preventiva de espesores es necesaria en cualquier centro de trabajo donde se almacene, distribuya o procesen hidrocarburos, así que se necesita conocer el funcionamiento de una estación de bombeo.

Los crudos así como varios de los productos generados tales como la gasolina, combustóleo, diesel etc., deben ser transportados para su almacenamiento y posterior distribución a los centros de venta, o bien el crudo debe de llegar a los centros de operación para su procesamiento, El petróleo crudo utiliza sobretodo dos medios de transporte masivo: los oleoductos de caudal continuo y los petroleros de gran capacidad, es por ello que a lo largo de los años se han desarrollado redes de transporte mediante ductos, los cuales son controlados por estaciones de bombeo que funcionan como relevos, es decir el crudo parte de un centro de operaciones marítimo, y es enviado a una estación de bombeo y de ahí a otra, y las que sean necesarias hasta llegar a un centro de refinación de crudo.

2.1.1. OLEODUCTOS

Un oleoducto es el conjunto de instalaciones que sirve de transporte por tubería de los productos petrolíferos líquidos, en bruto o refinados.

El término oleoducto comprende no sólo la tubería en sí misma, sino también las instalaciones necesarias para su explotación: depósitos de almacenamiento, estaciones de bombeo, red de transmisiones, conexiones y distribuidores, equipos de limpieza, control medioambiental, etc.¹³.

El diámetro de la tubería de un oleoducto oscila entre 2 hasta 54 pulgadas. Los oleoductos de petróleo crudo comunican los depósitos de almacenamiento de los campos de extracción con los depósitos costeros o, directamente, con los depósitos de las refinerías.

2.1.2. CÓMO FUNCIONA UN OLEODUCTO

El petróleo circula por el interior de la conducción gracias al impulso que proporcionan las estaciones de bombeo, cuyo número y potencia están en función del volumen a transportar, de la viscosidad del producto, del diámetro de la tubería, de la resistencia mecánica y de los obstáculos geográficos a sortear. En condiciones normales, las estaciones de bombeo se encuentran situadas aproximadamente 50 kilómetros unas de otras¹⁴.

2.1.3. POLIDUCTOS

Los poliductos son redes de tuberías destinados al transporte de hidrocarburos o productos terminados. A diferencia de los oleoductos convencionales, que transportan sólo petróleo crudo, los poliductos transportan una gran variedad de combustibles procesados en las refinerías: keroseno, naftas, gas oíl etc. El transporte se realiza en paquetes. Un poliducto puede contener cuatro o cinco productos diferentes en distintos puntos de su recorrido, que son entregados en las terminales de recepción o en estaciones intermedias ubicadas a lo largo de la ruta¹⁵.

El crudo o servicio parte de los depósitos de almacenamiento, donde por medio de una red de canalizaciones y un sistema de válvulas se pone en marcha la corriente o flujo del producto. Desde un puesto central de control se dirigen las operaciones y los controles situados a lo largo de toda la línea de conducción. El cierre y apertura de válvulas y el funcionamiento de las bombas se regulan por mando a distancia.

Es de esta manera que en la actualidad México cuenta con una red de ductos equivalente a 14 189 km, de los cuales 5201 corresponden a oleoductos y 8 958 a poliductos, (como se muestra en la figura 1) y están monitoreados por un total de 51 estaciones de bombeo, las cuales se encuentran divididas en 16 áreas, esto para tener una cobertura total del país.

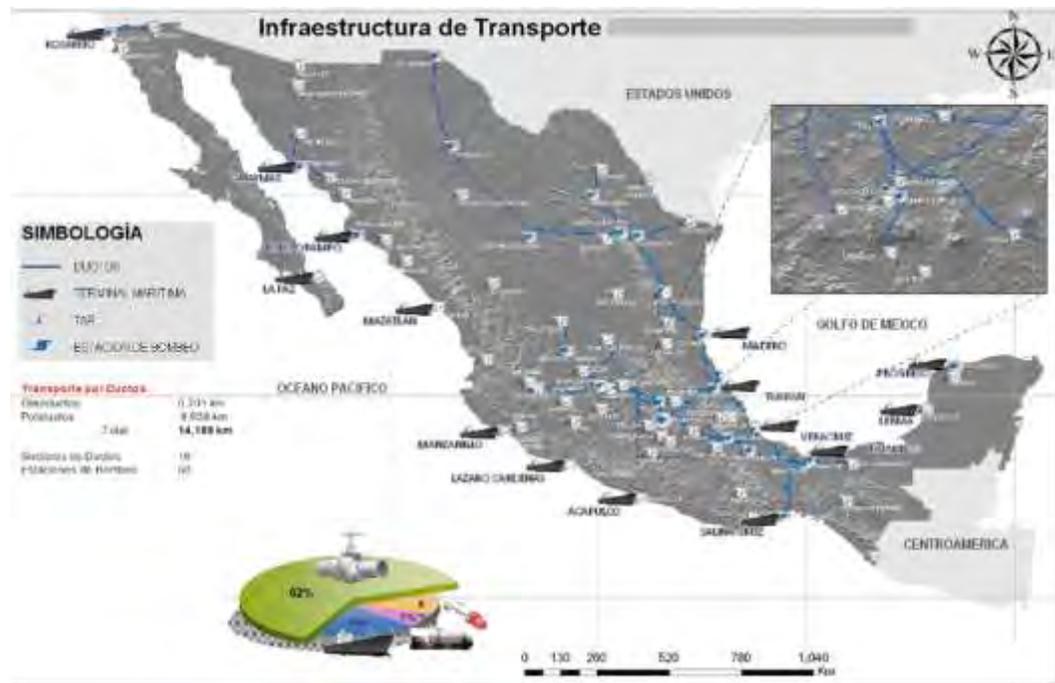


Figura 1. Mapa de distribución de hidrocarburos en México

2.2. SUSTANCIAS QUE MANEJA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO

En una estación de bombeo se manejan diferentes sustancias como:

- **Crudo Maya:** Constituye casi la mitad del total de la producción
- **Crudo Istmo:** Ligero, bajo en azufre, que representa casi un tercio del total de la producción.
- **Crudo Olmeca:** Extra ligero, aproximadamente la quinta parte del total de la producción.

Además también maneja

- **Crudo Despuntado:** Petróleo crudo al cual se le han extraído naftas y otros hidrocarburos ligeros para la producción de aromáticos.
- **Crudo Mezcla:** Combinación de los crudos istmo, maya, y olmeca.

2.3. ESTRUCTURA DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO

En un panorama general, una estación de bombeo opera de la siguiente manera:

1. El crudo entra a la estación conectándose directamente a una trampa de diablos (Trampa de Recibo de Diablos).
2. La trampa envía el crudo al sistema de ductos dentro de la instalación, pasando a través de unos filtros hasta llegar a la succión de bombas (cabezal de succión).
3. Las bombas descargan el crudo (cabezal de descarga), el cual es enviado a un patín de medición, para regular su flujo, y una parte del crudo es recuperado por recirculación y enviada a tanques.
4. El crudo que sale del patín llega a una segunda trampa de diablo (Trampa de Envío de Diablos), y sale de la estación hacia la siguiente instalación.

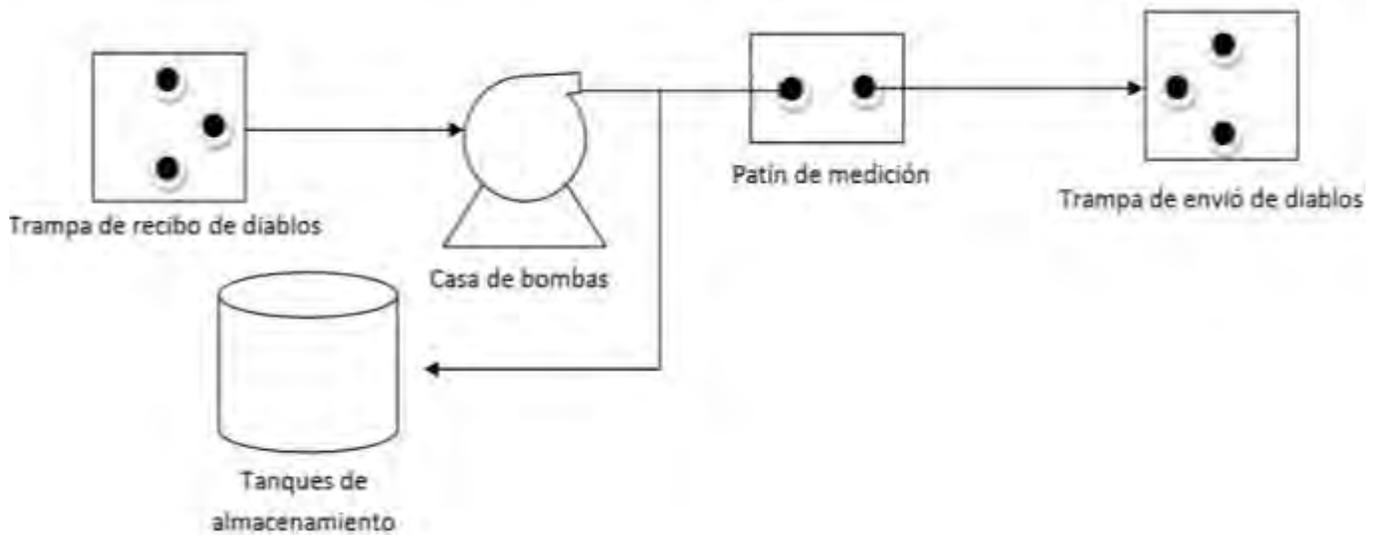


Figura 2. Esquema de una estación de bombeo

TUBERÍAS Y EQUIPOS

Las tuberías y equipos que podemos encontrar en una estación de bombeo y a los cuales se les efectúa la medición de su espesor son los siguientes.

- Tuberías(existen distintos tipos)
- Accesorios(complementos de tubería)

- Trampas de diablos
- Bombas
- Tanques de almacenamiento

A continuación la descripción de ellos.

2.3.1. TIPOS DE TUBERIAS

Las tuberías en su gran mayoría están hechas de acero inoxidable (para instrumentación) o de acero al carbón (tuberías de procesos)

Tubería de Acero al carbono: La Tubería de acero al carbón se usa en gran cantidad de aplicaciones industriales manejando fluidos abrasivos y corrosivos.

Tubería de acero inoxidable: Es utilizada en procesos donde los fluidos corrosivos tienen condiciones que la tubería de acero al carbón no soporta¹⁶.

2.3.2. ACCESORIOS

Los accesorios son todos aquellos que ayudan a dar estructura y dirección a las tuberías.

Bridas: es el elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión.

Boquilla Soldable: Brida que se asienta al final de la tubería como si fuese un acople. Tiene una característica de un labio pequeño que se acopla contra el final de la tubería cuadrada, haciendo juego a la cedula de la tubería. Estos requieren pequeños alineamientos o esfuerzos, y son los más fáciles de instalar.

Juntas Ciegas: Las bridas ciegas son planchas de acero sólidas usadas para rematar el final de la línea. Finalizar una línea con una brida ciega es fácilmente reversible, y permite expansiones futuras lo contrario a las tapas o tapones soldados.

Codos: Los codos son usados para cambiar la dirección del fluido. Ángulos incluidos 11.25° , 22.5° , 45° y 90° . Se pueden encontrar curvas de codo hasta de (180°).

T, Ramales: Las T son usadas para ramificar el recorrido de su fuente principal de tubería hasta otra extensión, ya sea directamente al lado (90°) o a un ángulo. La T puede tener el mismo diámetro en todos sus extremos, o reducir el diámetro en cualquiera de sus extensiones. Los ramales hacen extensiones de conexión similar, solo que a un ángulo más pequeño.

Tapas y Tapones: Las Tapas y Tapones son usadas para sellar el final de la tubería, ya sea temporal o permanentemente.

Reductores Concéntricos y Excéntricos: segmento en donde la tubería cambia de diámetro. Los reductores excéntricos permiten que su tubería pueda resistir un menor nivel en línea recta para evitar la retención del fluido.

Uniones: Las uniones son usadas para conectar dos largos de tubería de diámetro pequeño, y existen en rosca o boquilla soldada. El diseño de la unión permite que las conexiones de tubería enroscadas ocurran sin doblarla ya que las tuercas de la unión se doblan para hacer la conexión¹⁷.

2.3.3. VÁLVULAS

Una válvula consistirá básicamente en un cuerpo principal dentro del cual van alojados el obturador y los asientos, elementos que definirán el paso de fluido permitido en cada momento. El obturador consiste en un mecanismo móvil que varía su posición con respecto al asiento, siendo el caudal de paso directamente proporcional a la superficie libre existente entre el embolo y el asiento.

En un sistema de ductos debe mantenerse la presión correcta para que funcione apropiadamente y se eviten daños a los componentes del sistema. Para limitar y

regular la presión en el sistema se utilizan las válvulas de control de presión, cuyos tipos más comunes son los siguientes:

Relevo o seguridad: Las válvulas de relevo protegen al sistema hidráulico de la presión que rebasa el límite de lo permitido de acuerdo a la norma o a los manuales de fabricante. Cuando la presión alcanza la presión de diseño del sistema, la válvula se abre para aliviar el exceso de presión.

Válvulas de secuencia: Las válvulas de secuencia determinan el orden en que el producto líquido fluye hacia las diferentes partes del sistema. Una válvula de secuencia conectada a dos líneas de fluido, cuando se cierra, direcciona el producto sólo a la línea primaria. Cuando la presión en la línea primaria llega a un punto dado, la válvula se abre y permite el flujo hacia las líneas primaria y secundaria.

Válvulas de contrapeso: Las válvulas de contrapeso trabajan como válvulas de retención o válvulas “Check”, permitiendo que el producto fluya en una sola dirección, resistiéndose al flujo en dirección contraria.

Válvulas de control: Las válvulas de control se utilizan comúnmente en el ducto para regular la presión y el flujo; así como para aliviar la presión en algunas aplicaciones.

Válvulas de seccionamiento: Las válvulas de seccionamiento de la línea principal, son grandes válvulas instaladas en el ducto que corta por completo la circulación en el mismo. Se utilizan para aislar una sección particular durante una emergencia o para mantenimiento¹⁸.

2.3.4. TRAMPAS DE DIABLOS

Las trampas de diablos, ya sea lanzador, receptor o lanzador/receptor (dual), son equipos que se utilizan para el lanzamiento y recepción de diablos de limpieza e instrumentados con el fin de dar mantenimiento o inspeccionar sistemas de transporte de hidrocarburos y fluidos en general.

Las trampas de diablos se deben diseñar para que se pueda realizar una inspección interior del ducto con diablo instrumentado y limpieza con dispositivos mecánicos, que deben estar completamente integradas, montadas en un patín estructural con todos los componentes necesarios para una operación funcional y segura del ducto de transporte de hidrocarburos o fluidos en general para esto un diablo de limpieza es un dispositivo mecánico que se introduce dentro del ducto y que tiene la función de desalojar fluidos, así como la limpieza de la superficie interior del mismo, así como un diablo instrumentado, un dispositivo mecánico-electrónico que permite la colecta de datos en todo el perímetro y longitud del mismo, inspecciona mediante fuga de flujo magnético o ultrasonido la pared del ducto y permite determinar el estado físico del mismo¹⁹.



Figura 3. Trampa de diablo típica en una estación de bombeo

2.3.5. PATINES DE MEDICIÓN

Un patín de medición es un sistema que mide todas las propiedades del fluido, tales como viscosidad, temperatura presión y flujo, esto para garantizar que se esté operando correctamente. El patín consiste en una línea de operación con un filtro, para eliminar posibles impurezas, posteriormente la instrumentación determinará las demás propiedades, y por último el crudo va a un calibrador para reiterar que lo que está dentro del patín es correcto. Para esto se tienen

requerimientos para el diseño del sistema de medición, los cuales son:

- Los parámetros (características) metrológicos del medidor de flujo, deben cumplir con los requisitos técnicos que se establecen actualmente
- El hidrocarburo debe mantenerse en fase líquida a través del sistema de medición.
- El sistema de medición debe ser diseñado para operación bidireccional continua durante los 365 días del año²⁰.

2.3.6. BOMBAS (CABEZAL DE SUCCIÓN Y DESCARGA)

El equipo más importante dentro de las instalaciones de una estación de bombeo, son las bombas, ya que es por medio de ellas que el crudo llega a la estación y sale de ella. El número de bombas dentro de la estación varía de 2 a 20 bombas, el número depende de los centros que bombeen hacia la estación y a los que esta envíe el crudo, formando así los cabezales de succión y descarga, entendiendo el primero como el conjunto de succiones de las bombas de una misma línea, por su parte el cabezal de descarga es el conjunto de descargas de la bomba hacia una misma línea que salga de la estación hacia una sola dirección. En resumen una estación puede recibir crudo o productos de uno o más centros de trabajo y enviar de igual forma a uno o más centros, teniendo un cabezal de succión y descarga por dirección(o centro) al que se envíe el crudo, dividiendo el total de bombas por dirección.

Todas las bombas de la estación de bombeo son bombas centrifugas mayoritariamente de tipo BB1. Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas. Por otra parte Las bombas con denominación del tipo BB1 son de carcasa dividida axialmente, una y dos etapas y montada entre cojinetes. (Ver figuras 4 y 5)²¹

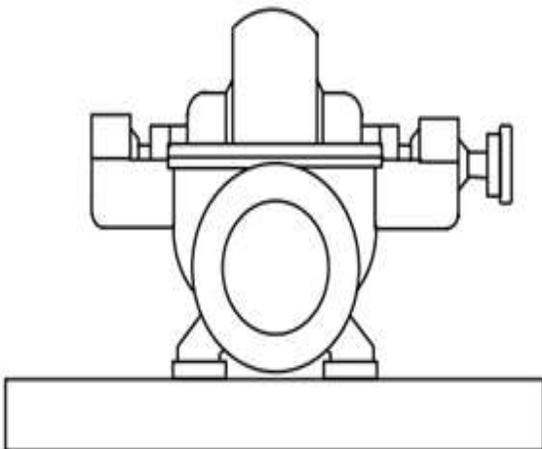


Figura 4. Esquema de bomba tipo BB1



Figura 5. Bomba en estación de bombeo

2.3.7. TANQUES ATMOSFÉRICOS

Tanque atmosférico es cualquier depósito diseñado para almacenar hidrocarburos a presión atmosférica. Pueden estar abiertos a la atmósfera o cerrados. Una vez que el crudo es succionado, por las bombas al descargar, parte de él es recirculado al sistema de ductos, y una parte se envía a tanques para su almacenamiento. Los tanques pueden o no estar en su capacidad máxima, y todos son cilíndricos, como los siguientes:

Tanques de almacenamiento con Techo Fijo: Están permanentemente armados al armazón del tanque. Los tanques soldados de 500 bls de capacidad (diseñado para el cuidado de la liberación de la cubierta soldada de los juntos del armazón en caso de que ocurra un exceso interno de la presión), en este caso la presión de diseño no excederá la presión equivalente del peso muerto del techo.

Tanques de almacenamiento con Techo Flotante: Este tipo de tanques es principalmente usado por almacenes cercano a la presión atmosférica. Techos Flotantes son diseñados para mover verticalmente dentro del armazón del tanque para proporcionar una mínima constante de vacío entre la superficie del producto

almacenado y el techo para proporcionar un sello constante entre la periferia del tanque y el techo flotante²².



Figura 6 .Tanque de almacenamiento típico en estación de bombeo

Una vez que se tiene conocimiento de la estructura así como el funcionamiento de una estación de bombeo, se puede aplicar la técnica de medición de espesores teniendo en cuenta que las trampas de diablo, accesorios y tuberías forman las líneas, por ende los equipos serán los tanques (dividiéndolo en anillos, domo y fondo), y bombas (cuerpo, si es necesario su sistema de lubricación)

2.4. MEDICIÓN DE ESPESORES

La medición de espesores es el trabajo de medición sistemática de espesores de pared en tuberías y equipos. Esta medición generalmente se lleva a cabo mediante el uso de pruebas no destructivas, ya sea técnicas ultrasónicas, pudiendo también utilizar métodos físicos directos (partículas magnéticas o líquidos penetrantes), radiográficos, etc.

Se considera como tal la elaboración del programa anual de medición preventiva, en el cual se indica para cada línea y equipo la fecha en que deben medirse sus espesores conforme al criterio que resulta del análisis de la velocidad de desgaste y del límite de retiro. De esta manera a los equipos mencionados antes (tanques,

bombas), así como las trampas, tuberías y accesorios, son a los cuales se les realiza la inspección²³.

2.4.1. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS (PND)

Como su nombre lo indica, las PND son pruebas o ensayos de carácter NO destructivo, que se realizan a las tuberías o equipos. Este tipo de pruebas, generalmente se emplea para determinar o analizar:

- Detección de discontinuidades (internas y superficiales).
- Detección de fugas.
- Medición de espesores y monitoreo de corrosión.
- Inspección de uniones soldadas.

Siendo la más utilizada la ultrasónicas, ya que este estudio sirve para medir el espesor real de los materiales en un sistema de ductos (ver figura 6), tanto para controlar la calidad de fabricación, como para monitorear su desgaste y así determinar si soportará la presión con el fluido que va a conducir o contener, evitando riesgos de fugas por fisuras, e incluso explosión.

Por este método, podemos determinar el desgaste sufrido por corrosión en Equipos, Tapas, Placas, tuberías y tanques atmosféricos y sujetos a presión²⁴.



Figura 7. Equipo para la medición de espesores por ultrasonido

2.5. MEDICIÓN PREVENTIVA DE ESPESORES EN LINEAS Y EQUIPOS

La medición preventiva de espesores, está sustentada en procedimientos establecidos mediante normas, las cuales establecen los requerimientos y condiciones de cómo y qué inspeccionar, y de igual manera como llevar a cabo el registro y análisis de la información, además de que está se complementa y

refuerza con la inspección visual, es decir evaluar el estado físico. Para esto la estación de bombeo y cualquier centro de trabajo se divide en tres elementos para aplicar la inspección: tuberías, niplería y tornillería, los cuales están presentes en líneas y equipos, y cuyos requerimientos se describen a continuación.

2.5.1. TUBERIAS

La inspección de tuberías en plantas de proceso y servicios auxiliares en operación, tiene como objeto el conocer su estado físico y programar su cambio en caso de deterioro, a fin de mantenerlas en buen estado, seguras y confiables²⁵.

Considerando que las tuberías y equipos en los cuales debe aplicarse en forma obligatoria este procedimiento son:

- a) Líneas y equipos que manejen o transportan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas
- b) Bombas, tanques y recipientes que almacenen hidrocarburos productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas

2.5.2. NIPLERÍA

Una niplería es un conjunto de piezas de tubería de un diámetro no mayor a 2", colocados a lo largo de una tubería como instrumentación para medir alguna propiedad o para denar o agregar algún agente anticorrosivo u otro aditamento.

La revisión de niplería deberá hacerse a todas las piezas que integran los arreglos básicos de niplería en líneas y equipos de proceso de los centros de trabajo, a fin de que los mismos estén contruidos y armados de acuerdo con lo que establece.

La revisión abarca arreglos básicos roscados y arreglos básicos soldados. Los primeros ameritan ser desarmados invariablemente y los segundos serán radiografiados.

Fundamentalmente las características que se necesitan comprobar para la inspección visual en el campo en los arreglos básicos de niplería son²⁶:

- Espesores, cédulas o "librajes" (límites de presión).
- Longitud de niples y coples (medios coples).
- Construcción y estado físico de las cuerdas (hembras y machos)
- Materiales.
- Estado físico en general de cada pieza.
- Estado de las soldaduras.
- Tipos de tapones y bolsas termopozo.

Para el control de los resultados de la revisión todos los datos de la revisión, deberán registrarse teniendo en consideración los siguientes arreglos básicos:

- Arreglo Cople–Niple–Válvula.
- Arreglo Cople–Tapón.
- Arreglo Cople–Termopozo.
- Arreglo Orificio–Tapón.
- Arreglo Orificio–Niple–Válvula.
- Arreglo Orificio–Codo de Cola–Niple–Válvula.
- Arreglo Especial

2.5.3. TORNILLERIA

La tornillería es el conjunto de espárragos tornillos y tuercas, presentes en la instalación. El procedimiento de la inspección visual determina que se debe evaluar el estado físico de la tornillería de las tuberías y equipos de las instalaciones, a fin de detectar oportunamente daños o fallas, e implementar las acciones correctivas necesarias para garantizar la hermeticidad de todas las uniones bridadas²⁷.

La tornillería a la cual se debe dar revisión es la siguiente:

- Espárragos de bridas en tuberías y equipos

- Tornillos o espárragos colocados en las válvulas de bloqueo, cualquiera que sea el tipo de estas, incluyendo válvulas de control, de alivio y checks.
- No se incluye la tornillería instalada en los internos de equipos.

Debido a que la agresividad del medio ambiente en cada lugar es variable, los periodos de revisión no son iguales, debiendo ser más cortos en aquellos Centros de Trabajo donde sea mayor la corrosión exterior. Inclusive hay instalaciones de un mismo Centro de Trabajo que por su ubicación, tienen condiciones más severas de corrosión ambiental que otras del mismo Centro. Para fijar criterios generales las revisiones deben hacerse de acuerdo a la norma vigente para la revisión de tornillería, descrito en la tabla 1²⁸:

Tabla 1 Periodos de inspección para tornillería

GRADO DE CORROSIÓN	DESCRIPCIÓN	PERIODO DE REVISION
LEVE	Se observan oxidados, pero la cuerda del espárrago no se ve desgastada en forma apreciable	5 AÑOS
MODERADO	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
ALTO	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

2.6. APLICACIÓN DE LA INSPECCION TECNICA CON SIMECELE

La medición preventiva de espesores es una técnica que tiene como objetivo evaluar la integridad mecánica de tuberías y equipo en general, mediante la medición de espesores de pared, con la finalidad de detectar oportunamente los espesores que se encuentran en los límites permisibles de trabajo, para tomar acciones necesarias a fin de prevenir riesgos de falla en las instalaciones de la estación de bombeo²⁹.

2.6.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico es el que se lleva a cabo matemáticamente, para obtener el desgaste máximo ajustado, vida útil estimada, fecha de próxima medición, y fecha de retiro probable, de una unidad de control. He aquí uno de los objetivos de implementar SIMECELE en una estación de bombeo este análisis estadístico se hace en automático, una vez que se tengan los datos necesarios dentro del sistema, este calcula los resultados basándose en los modelos matemáticos contenidos en la normatividad para la medición preventiva de espesores, los cuales son los siguientes:

1. La velocidad de desgaste:

$$d = \frac{e_i - e_f}{f_f - f_i} \text{ Ecuación. 1}$$

Donde:

d = Velocidad de desgaste del punto

f_f = Fecha de la medición más reciente (ef).

f_i = Fecha de medición anterior (ei).

e_i = espesor obtenido en la fecha fi.

e_f = espesor obtenido en la fecha ff.

2. velocidad de desgaste promedio y de la velocidad máxima ajustada³⁰:

$$\bar{D} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} \text{ Ecuación. 2}$$

$$\overline{D_{max}} = \bar{D} + 1.28 \frac{\bar{D}}{\sqrt{n}} \text{ Ecuación. 3}$$

Donde:

$d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n$ = Velocidades de desgaste correspondientes a cada punto de la línea o equipo considerado.

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

\bar{D} = Promedio aritmético de las velocidades de desgaste.

$\overline{D_{max}}$ = Promedio ajustado estadísticamente.

3. Vida Útil Estimada (VUE), Fecha de Próxima Medición (FPME) y Fecha de Retiro Probable (FRP).

$$VUE = \frac{ek - Lr}{D_{max}} \quad \text{Ecuación. 4}$$

$$FPME = fk + \frac{VUE}{3} \quad \text{Ecuación. 5}$$

$$FRP = fk + VUE \quad \text{Ecuación. 6}$$

Donde:

Lr = Límite de retiro.

ek = Espesor más bajo encontrado en la última medición.

fk = Fecha de última medición.

Con base en los resultados obtenidos SIMECELE realiza un análisis de los datos conforme a los siguientes criterios.

1. Si hay variación en la velocidad de desgaste, se considera lo siguiente:
 - a. Cuando el cambio sea en el sentido de aumentar la velocidad de desgaste, se toma en cuenta el valor obtenido en el último análisis.
 - b. Cuando el cambio sea en el sentido de disminuir la velocidad de desgaste, se toma en cuenta el valor obtenido en el análisis anterior, hasta tener cuando menos dos análisis consecutivos que confirmen el cambio observado, en cuyo caso se procede al reajuste.
2. En caso de que el lapso entre la última medición y la fecha de próxima medición (FPME) sea menor de un año, el siguiente análisis se debe hacer comparando los datos que se obtengan en esta última fecha, con los datos de la medición anterior que corresponda, para que la diferencia de ambas sea de un año ó mayor.
3. La fecha de próxima medición será aquella que resulte más cercana, de la calculada para los diferentes diámetros.
4. El resultado de la Vida útil estimada (VUE) da una idea de cuándo es necesario solicitar los materiales requeridos para el cambio de las piezas

de la unidad de control. Cuando este valor sea igual o inferior a 1.5 años, emplazar inmediatamente.

5. La Fecha de próxima medición de espesores (FPME) sirve para programar la próxima medición de la unidad de control en el programa general
6. La Fecha de retiro probable (FRP) es la base para efectuar los emplazamientos, siempre y cuando para tal fecha falten por transcurrir 1.5 años o menos³¹.

De este modo se tendrá un estudio completo de la estación de bombeo y se detectara que secciones de tubería y equipos presentan una mayor velocidad de desgaste y cuales necesitan orden de emplazamiento

De esta manera el siguiente capítulo se enfoca a explicar la metodología de cómo implementar el SIMECELE en una estación de bombeo.

3. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

3.1. SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL DE ESPESORES EN LÍNEAS Y EQUIPOS (SIMECELE)

El SIMECELE es un sistema que aprovecha las nuevas tecnologías para mejorar la administración y control de la información y de las actividades relacionadas con la integridad mecánica de los equipos en instalaciones de refinación.

Consiste en 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 diario y ayudando a identificar los posibles errores.

Con el sistema se facilita el trabajo de capturar los datos obtenidos en campo a través de un medidor ultrasónico de espesores¹, facilitando la identificación de los puntos que se están midiendo y también el análisis de los datos de dicha 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:

- Ahorro de tiempo en todas las tareas repetitivas relacionadas con la inspección técnica (medición, listas de verificación, dibujo de isométricos, generación de reportes, programación y planeación).
- Aumento en la confiabilidad de los datos obtenidos.
- Información disponible, confiable clara y respaldada para quien lo necesite (auditorías, mantenimiento, gerencia).
- Aumento de seguridad y confiabilidad en los centros de trabajo.

Es para todo personal involucrado en tareas tales como: Inspección Técnica Evaluación de la Integridad Mecánica, Análisis de la medición de espesores en líneas y equipos

Además el SIMECELE es una herramienta de trabajo diario para todo el personal que labore en una estación de bombeo, desde el personal que realiza las mediciones de espesores hasta 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 a los encargados de tomar las decisiones en los distintos centro de trabajo que realizan actividades con hidrocarburos como lo son las estaciones de bombeo, para monitorear los avances en los programas de inspección técnica de espesores y ser la fuente de información para la toma de decisiones.

3.2. SECUENCIA PARA LA MEDICION DE ESPESORES CON SIMECELE

Obtenida la información necesaria, se generan las unidades de control con isométricos, las cuales son capturadas en el software, así como los expedientes e historiales de medición con los que cuenta la estación, lo que permitirá la planeación de las mediciones subsecuentes(al generar datos estos se registran en SIMECELE), para realizar su análisis y dar una toma de decisiones(figura 8).

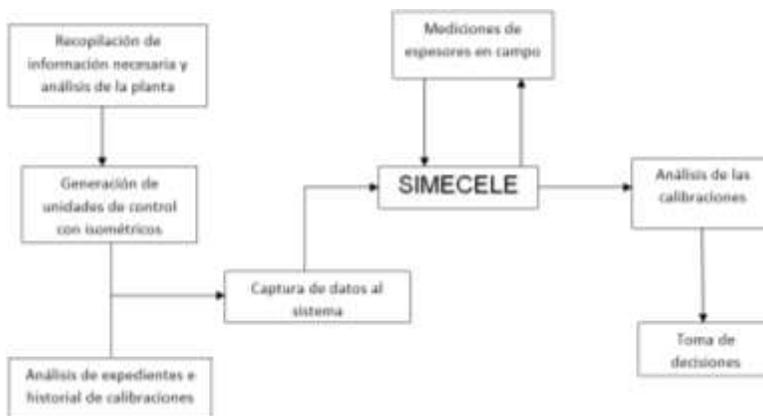


Figura 8. Diagrama de flujo de la secuencia de medición de espesores

3.3. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SIMECELE

El método para implementar el sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos (SIMECELE), consiste de 7 pasos, los cuales están enlazados unos con otros, a continuación se explica cada uno de ellos y como llevarlos a cabo.

3.3.1. RECOPIRAR INFORMACIÓN

Para poder iniciar con una buena implementación del sistema es necesario e indispensable contar con información acerca de la planta o estación, para así conocer el tipo de proceso que se lleva a cabo, la magnitud y dimensiones de la planta, para esto es necesario realizar una visita de reconocimiento, para conocer la estructura funcional del centro de trabajo y reconocer la información básica (diagrama de flujo de proceso y diagrama de tubería e instrumentación, y los expedientes de inspecciones) para poder dar inicio a las actividades correspondientes.

3.3.2. CENSO DE CIRCUITOS

Un circuito es el conjunto de líneas y equipos que manejan un fluido con la misma composición, pudiendo variar en sus diferentes partes las condiciones de operación.

Para poder definir los circuitos, es necesario localizar las corrientes principales de proceso que entran a la estación, basándose y tomando como sustento el DFP, De esta forma se puede realizar una mejor localización de los servicios principales que están en la planta puesto que un Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) es una representación esquemática del proceso, sus condiciones de operación normales y su control básico. En este diagrama también se indican los efluentes (líquidos, gaseoso sólidos) emanados del proceso y su disposición. El diagrama incluye el balance de masa e información para el diseño y especificación de equipos, además sirve de guía para desarrollar el diagrama de

tubería e instrumentación.

Identificando los servicios que maneja la estación (crudo istmo, maya, gas, gasolina, etc.), se tendrán los circuitos ya que una estación (o cualquier centro de trabajo) tendrá tantos circuitos como servicios maneje.

Una vez que se tengan todos los servicios de la planta se procede a identificar los circuitos en los diagramas de flujo de proceso (DFP's). Para la identificación de cada uno de los circuitos se va a utilizar un color distinto, esto con el fin de diferenciar cada servicio presente en la estación.

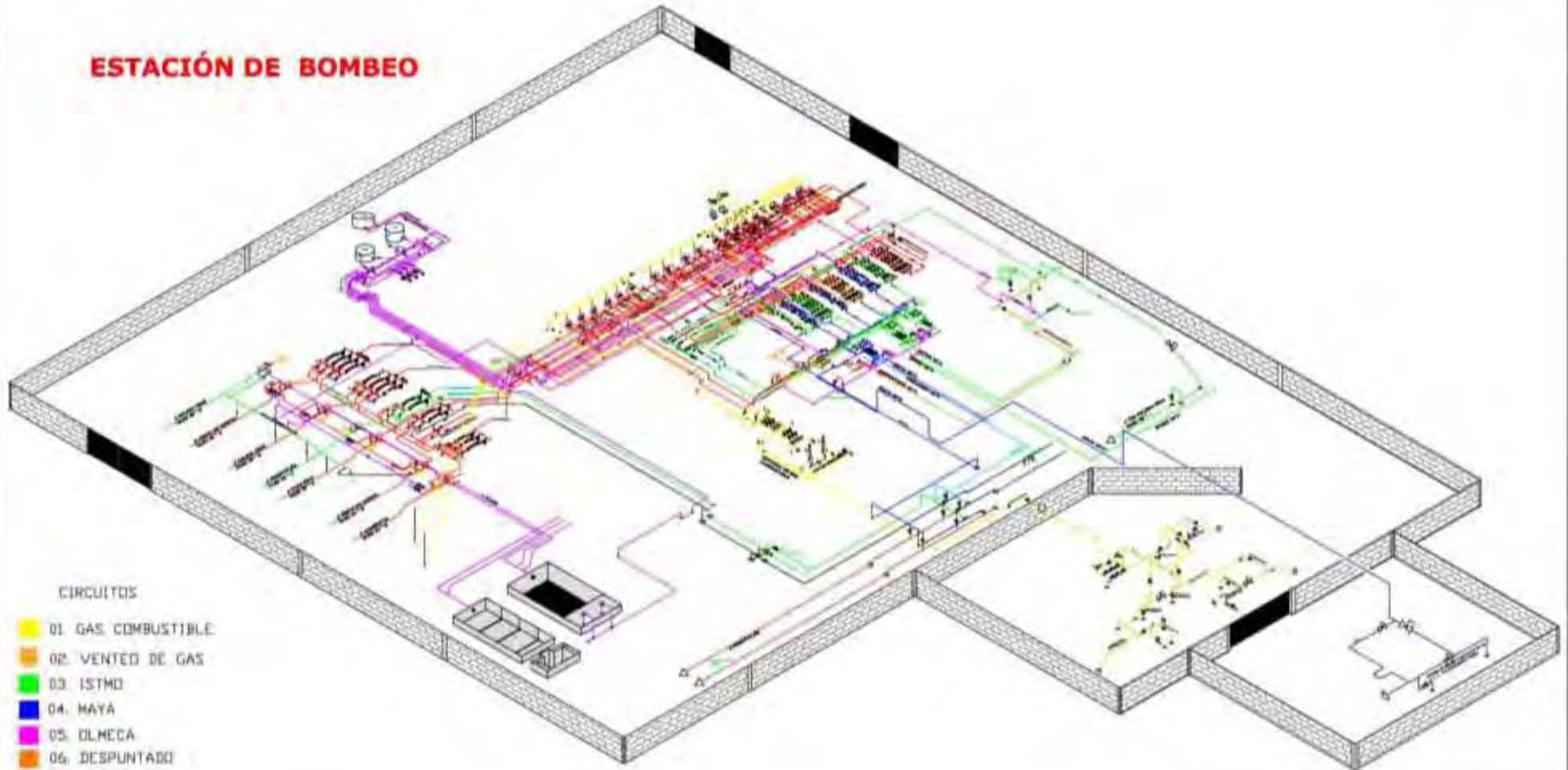
Si la planta no tuviese DFP, será necesario hacer la división correcta de circuitos tomando en cuenta el siguiente criterio:

- Se comenzara el listado de todos los servicios que componen la estación para después agruparlos en circuitos empezando en primera instancia con la carga que entra a la estación o en su caso con el proceso principal.
- Se agruparan los servicios en orden con respecto al proceso.
- Se procederá a realizar un diagrama de bloques en el cual se deben de colocar las corrientes, que representen los circuitos localizados a este diagrama se le pondrá por nombre "diagrama de identificación de circuitos".

Para el caso de esta estación de bombeo no se tiene DFP sino una maqueta en la que se identificaron los circuitos que resultaron en 9(gas combustible, venteo de gas, crudo istmo, maya, olmeca, despuntado, terciario mezcla y recuperado), pero la identificación inicio a partir del 3 ya que los 2 primeros se realizaron previamente. A continuación se presenta la maqueta con los circuitos totales.



ESTACIÓN DE BOMBEO



CIRCUITOS

- 01. GAS COMBUSTIBLE
- 02. VENTED DE GAS
- 03. ISTMO
- 04. MAYA
- 05. OLMECA
- 06. DESPUNTADO
- 07. TERCIARIO
- 08. MEZCLA
- 09. RECUPERADO

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA GERARDO ALBARRA SANTOS
 PARA LA ADMINISTRACION DE LA
 INTEGRIDAD MECANICA EN LA
 LINEAS Y EQUIPOS DE UNA
 ESTACION DE BOMBEO DE
 HIDROCARBUROS

3.3.3. CENSO DE UNIDADES DE CONTROL

La Unidad de control de líneas es una sección de tubería dentro de un circuito donde todos sus puntos están expuestos a un ambiente de corrosión o desgaste similar, debido a que las condiciones de diseño y material de construcción son semejantes.

Para esto se necesita el Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI's), el cual nos permite conocer el proceso primario de líneas, proceso secundario, sistema de desfogue, condiciones de operación, distribución de líneas y equipos, clase de material, diámetros, válvulas, etc. Con el DTI y el censo de circuitos se procederá a delimitar y establecer las unidades de control, y se procede de la segunda manera:

- Se identifica los circuitos establecidos en el DFP, ahora en el DTI
- Se identifican los cambios en las condiciones de operación y cambios de material (ya que no puede haber unidades de control con diferente clase de material)
- Para delimitar o cortar la unidad de control, se sigue una línea base conocida como "línea principal" (que suele ser la de mayor carga), a lo largo de ella salen o se conectan otras líneas llamadas "disparos" los cuales se deben seguir hasta llegar a la primera válvula de bloqueo (válvula de corte).

Una vez definido el censo de circuitos de líneas que conforma la estación, se inicia la identificación de las unidades de control que se numeran de forma consecutiva. Para esto se toma en consideración el número del circuito, si es el 01, la unidad de control dará comienzo en 001, hasta terminar las que conformen el circuito, para el 02, se comenzara en el número siguiente donde se haya terminado en el circuito anterior y así sucesivamente.

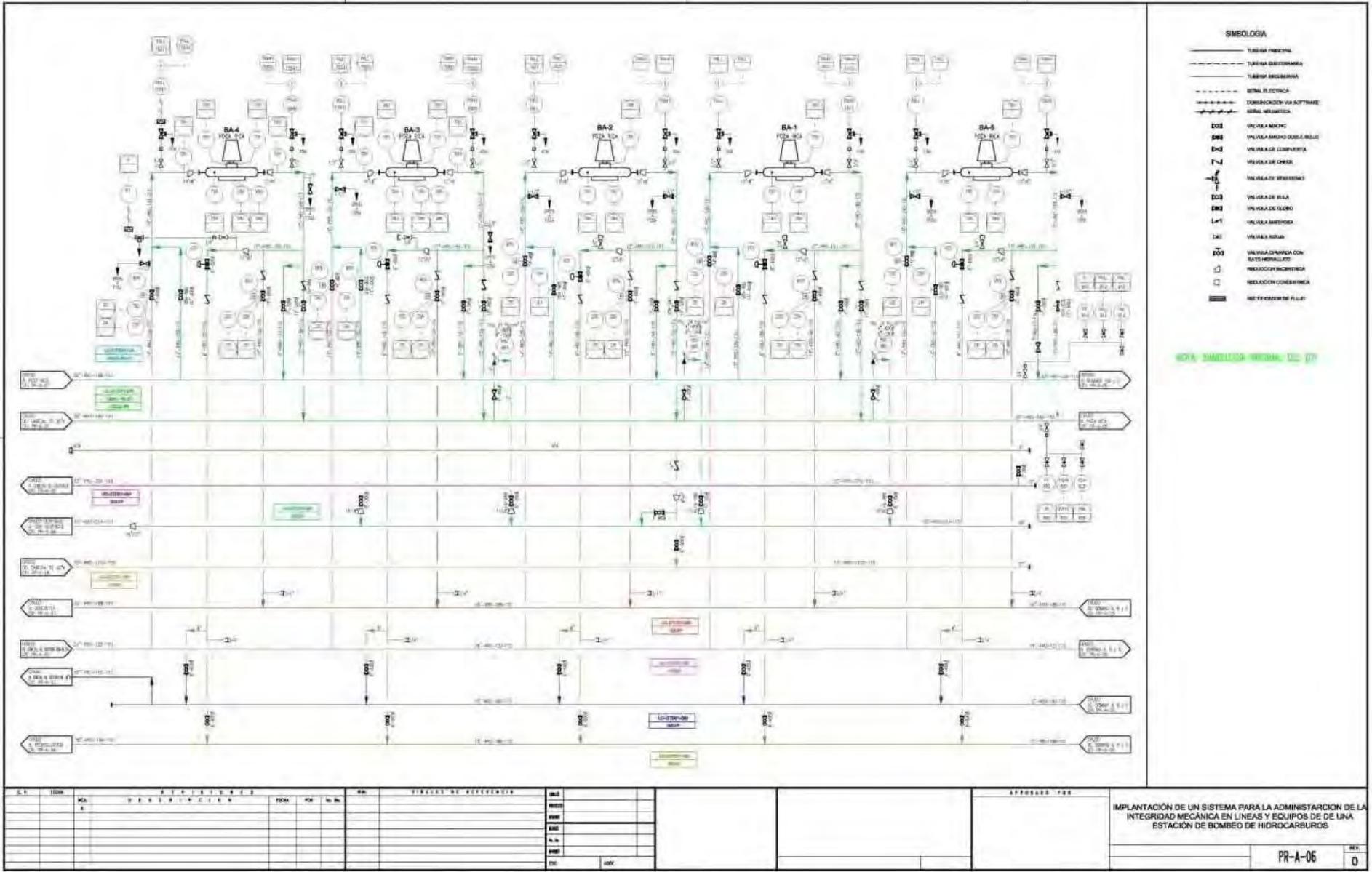
El código de identificación de las unidades de control debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. El código debe iniciar con las letras UC (Unidad de Control).
2. Continuar con las siglas de la planta o con su código de identificación.
3. Número del circuito al que pertenece la unidad de control mediante dos dígitos
4. Número de la unidad de control constituido por tres dígitos.

Cada sección debe estar separada por un guión y se anexará su código de identificación anterior.

Y tal como se hiciera con los circuitos, las unidades de control se representaran en el DTI, con un color distinto, para la estación de bombeo se obtuvieron 71 unidades de control distribuidas en 14 DTI's, estos son algunos de los diagramas con las unidades de control identificadas.

CAPITULO 3 METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION



- SIMBOLOGIA**
- TUBERIA FLEXIBLE
 - TUBERIA SISTEMAMA
 - TUBERIA MECANICA
 - BOMBA ELECTRICA
 - TUBERIA CON VALVULA DE APTIMANE
 - BOMBA MECANICA
 - DOO VALVULA MARCHA
 - DOO VALVULA MARCHA DOBLE BILLO
 - D-D VALVULA DE CONVERTE
 - D-V VALVULA DE OMBE
 - D-V VALVULA DE BOMBEO
 - D-D VALVULA DE BOLA
 - D-D VALVULA DE TUBO
 - L-V VALVULA MARCHA
 - D-D VALVULA ROSA
 - DOO VALVULA OPERADA CON BATA METALIZADA
 - DOO REDUCCION INCREMENTAL
 - DOO REDUCCION CONSERVATIVA
 - DOO REDUCCION DE FLUJO

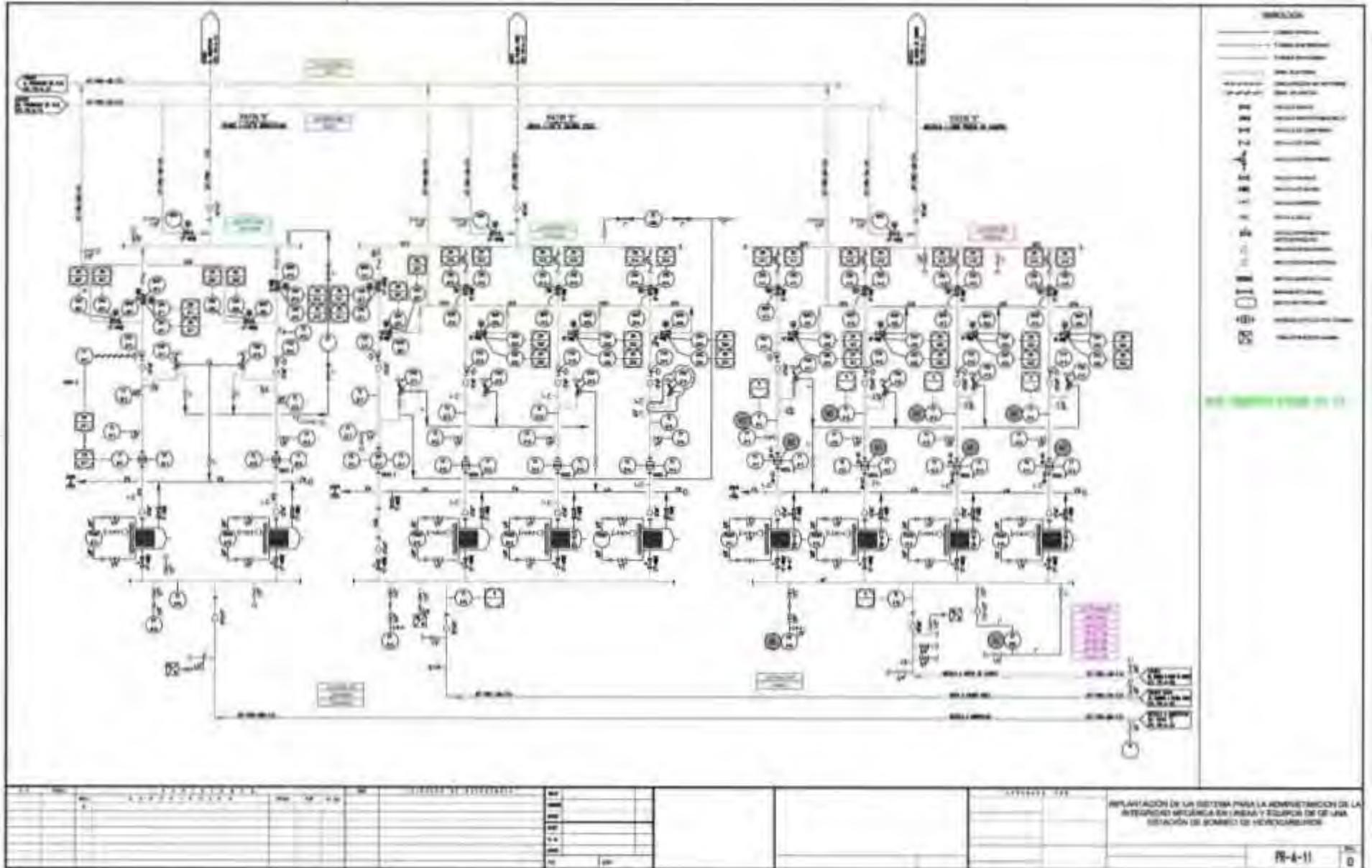
NOVA SIMBOLOGIA INTERNA DE 17

S.N.	TIPO	DESCRIPCION	FECHA	NO. DE HOJA	NO. DE HOJAS	AUTOR	REVISOR	APROBADO POR	FECHA

IMPLANTACION DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACION DE LA INTEGRIDAD MECANICA EN LINEAS Y EQUIPOS DE DE UNA ESTACION DE BOMBEO DE HIDROCARBUROS

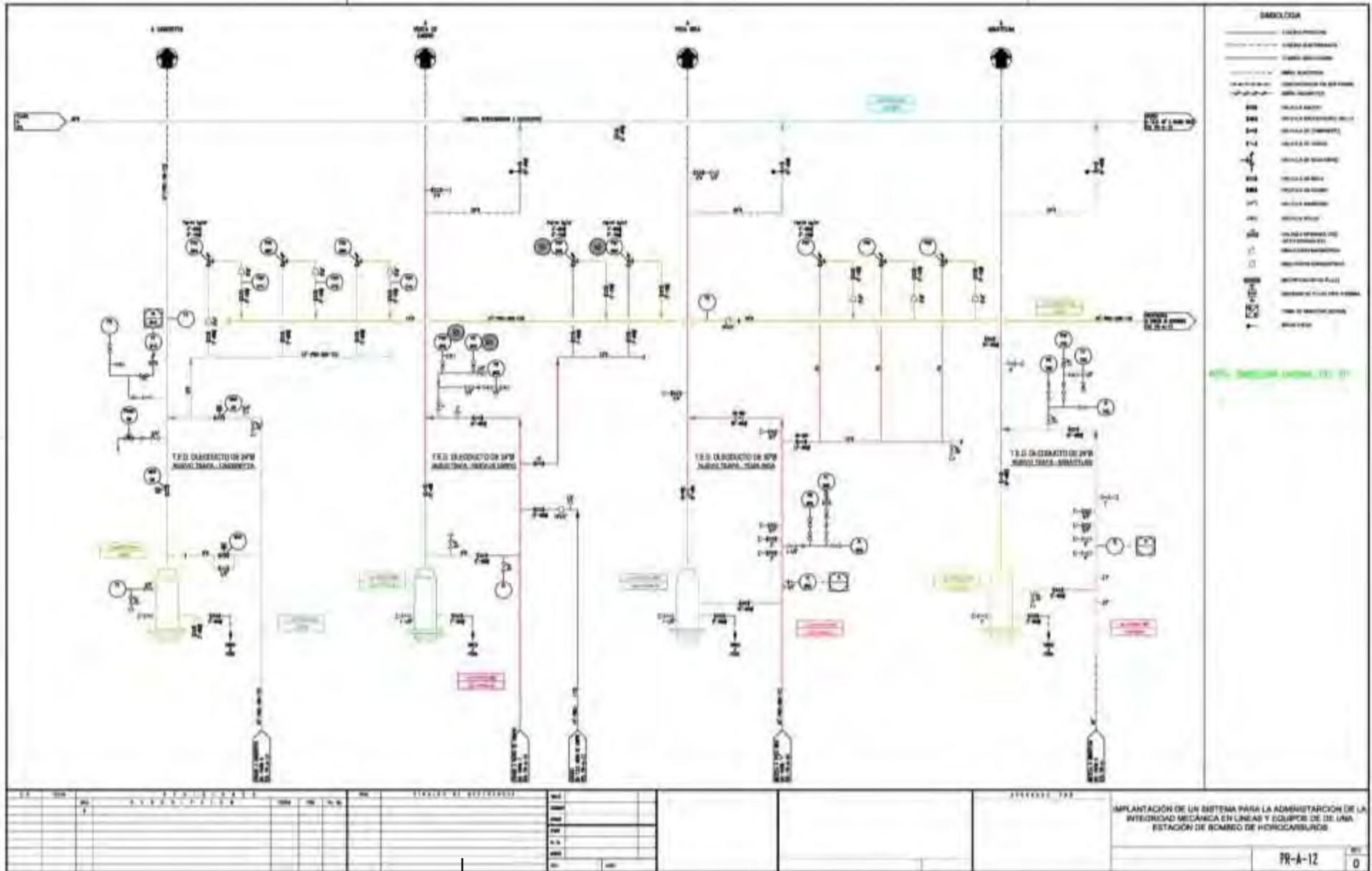
REV. O

PR-A-06



IMPLEMENTACION DE LA RED PARA LA ADMINISTRACION DE LA
 INTERNO MECANICA EN LINEAS Y EQUIPOS DE DE UNA
 ESTACION DE SERVICIO DE VEHICULOS

FIG-4-11



3.3.4. LEVANTAMIENTO

Para realizar un levantamiento se debe contar con los expedientes de líneas, expedientes de equipos, diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) y un plano general de localización de los mismos en la estación (PLG's) ;así como, conocer previamente la descripción del proceso y el funcionamiento de cada uno de los equipos que intervienen.

Todos los levantamientos serán útiles para el proceso de digitalización, por lo que es importante que contengan de forma clara toda la información necesaria. Asimismo, deben contener el nombre las iniciales del ejecutor, fecha en que se realizó el levantamiento, nombre del equipo, parte, sección o unidad de control y circuito al cual pertenece el levantamiento.

En todo momento se deben tener presentes los puntos cardinales para darla orientación correcta a cada uno de los trazos del levantamiento.

En primer lugar se debe ubicar el equipo en el plano general de localización de la planta, de donde proviene la línea y/o líneas que se van a levantar, teniendo presente el norte de construcción de la planta para facilitar su localización.

Una vez en campo se debe estudiar por algunos minutos el área cercana del lugar de trabajo, con el fin de detectar equipos, líneas, accesorios y conexiones que puedan representar algún riesgo.

En los levantamientos el norte debe estar apuntando a la parte superior derecha de la hoja, como lo indica la figura 9. Y con base a este, se asignarán las direcciones de las líneas en el isométrico.

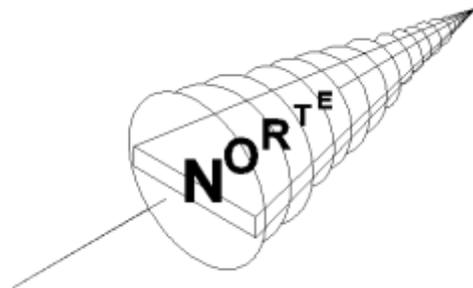


Figura 9. Norte para el levantamiento

Al realizar un levantamiento se debe comenzar por el equipo o injerto tratando que sea en la dirección del flujo. Se debe seguir la línea principal, dibujar los disparos y ramificaciones que vayan apareciendo y agregar como referencia las válvulas o equipos a las que estén conectados. Todo tramo de línea debe indicar claramente

de donde proviene y a donde va.

Los levantamientos de isométricos deben contar con:

- ® Diámetros de las tuberías, válvulas, accesorios (tipo de reducción concéntrica o excéntrica) y niplería. Normalmente es posible ver en las válvulas el diámetro nominal y con este establecer el diámetro de la línea que se está levantando. Las válvulas normalmente cuentan con: marca, material, libraje y diámetro; grabado a un costado de ellas.
- ® Levantar a detalle las piezas de los arreglos de niplería.
- ® Identificar claramente los tramos de tubería y accesorios que son reforzados (roscados y soldados) y dibujarlos en el levantamiento.
- ® Revisar la unión entre soldaduras, coples y tuercas unión, entre tramos de tubería y representarlas claramente en el isométrico.
- ® Agregar los soportes de la línea evitando confundir los soportes de líneas más pequeñas que se apoyan sobre la tubería de nuestro levantamiento.
- ® En las válvulas debe indicarse claramente si son bridadas o soldadas y de igual manera indicar si están normalmente abiertas o cerradas.
- ® Especificar si la línea esta forrada o no, en caso de contar con aislamiento térmico se debe indicar las ventanas para la medición de espesores.
- ® Con el fin de facilitar la integración entre unidades de control se debe procurar levantar en el isométrico una sección más de línea, es decir hasta el próximo bloqueo o válvula. De tal manera que al final sea sencillo unir todos los isométricos de manera secuencial e identificarlas unidades de control nuevas.
- ® Asegurarse que las líneas estén orientadas en la dirección correcta.
- ® Finalmente hacer en el levantamiento las anotaciones correspondientes, si la línea está enterrada, si hubo limitantes de altura, si la tubería está demasiado oxidada o cualquier indicación que se observe en campo.

3.3.5. DIGITALIZACIÓN

La digitalización consiste en generar el archivo o copia electrónica de las unidades de control que conforman la estación o centro de trabajo correspondiente, o en otras palabras es reproducir el levantamiento realizado mediante Auto CAD, para lo cual los levantamientos son imprescindibles.

Los diagramas para la inspección técnica de espesores son el conjunto de isométricos y dibujos de equipos utilizados para la prevención de espesores, éstos representan de manera gráfica los niveles de medición de una unidad de control, para esto se debe comenzar por analizar el levantamiento y ver si tiene todos los datos requeridos (diámetros de válvulas y niplería, y si está bien delimitado la unidad de control), y observar en donde se van a colocar los niveles, esto a partir de la dirección del flujo para los tres tipos de niveles. Los cuales deben colocarse en los siguientes lugares

Niveles de tubería: representado con un círculo

- 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 un brida

Niveles de niplería: representado con uno triangulo

- En una purga
- En un dren
- En un venteo
- En una toma de instrumento
- En un termo pozo
- En un medidor de flujo

Niveles de tornillería: representados con un rectángulo

- Cuando se trate de válvulas intermedias bridadas, la línea del nivel deberá ser dirigida a la brida, habrá un nivel en cada extremo de la válvula en dirección opuesta a la brida.
- Todas las bridas unidas a boquillas de equipos
- En un medidor de flujo solo habrá un nivel de tornillería.
- En bridas.
- Cuando se trate de válvulas o bridas terminales (final de línea)

Todos los niveles se definirán con números arábigos comenzando con el uno para cada caso.

La unidad de control puede generar uno o más isométricos, esto dependiendo del tamaño y número de niveles que maneje ya que dentro de un solo isométrico no puede hacer más de 60 niveles de tubería, una vez analizado el levantamiento se abrirá la plantilla correspondiente (ductos, para una estación de bombeo), y se comenzara a dibujar.

Para estos es necesario que se tenga conocimiento previo de Auto CAD. El SIMECELE cuenta con una barra creada con muchos elementos de tubería (válvulas, psv`s, soldaduras, tee, y los niveles) e instrumentación (indicadores, arreglos de niplería, etc.) la cual recibe el nombre de QUITDROW.

Los dibujos deben estar hechos a base del comando orto el cual delimita las posiciones a 3, izquierda, derecha y superior, esto para que los trazos sean precisos y exactos.

PLANTILLAS DE ISOMÉTRICO

El trazo de isométricos se realiza en un esquema determinado llamado plantilla, la cual es específica para tuberías (líneas) o equipos, ambas cuentan con dos tablas la de datos generales y la de especificaciones.

- **Tabla de datos generales**

Los datos que esta tabla debe de contener son:

1. CENTRO: Se coloca el nombre del centro de trabajo.
2. DEPENDENCIA: Se refiere al área del centro del trabajo que solicitó la elaboración los diagramas.
3. # DE SECTOR O REGIÓN: Los centros de trabajo se encuentran divididos en sectores, aquí se indica a cuál pertenece el centro de trabajo.
4. PLANTA O TERMINAL: Se escribe el nombre de la planta en la cual está trabajando.
5. CIRCUITO: La planta se encuentra dividida en circuitos los cuales se clasifican con un número seguido del nombre del fluido o servicio que se maneja, aquí se indica el circuito que se está representando (con 2 dígitos de 01 a 99).
6. UDC: Los circuitos se dividieron en unidades de control, en este espacio se indica la unidad de control a la cual pertenece la sección representada (consta de 3 dígitos 001-999).
7. NUM.: La unidad de control puede constar de 1 o varios isométricos, por lo consiguiente este espacio está dedicado a representar el isométrico en el cual se está trabajando así como el total de ellos. (4 de 7).
8. ISO-REF. Se debe anotar el nombre del isométrico o expediente que se está actualizando, en caso de ser nuevo se coloca ISOM. NUEVO.
9. FECHA: Fecha de realización.
10. REVISION: Corresponde a las versiones en las actualizaciones del dibujo.
11. LEVANTO EN CAMPO: En este espacio se coloca las iniciales del personal que realizó el trabajo de levantamiento en campo.
12. DIBUJO: Se escriben las iniciales del personal que realizó el trabajo de digitalización del diagrama de inspección técnica.
13. REVISO: Se refiere a las iniciales del personal que aprobó el trabajo realizado.

- **Tablas de especificación de líneas**

1. Se debe de escribir la clase de línea.
2. La especificación de línea.
3. Diámetro nominal de la tubería o de las boquillas en caso de los equipos.
4. La cédula correspondiente.
5. El espesor original de tubería.
6. El límite de retiro.
7. Presión de diseño.
8. Temperatura de diseño.
9. Presión de operación.
10. Temperatura de operación.

Estos datos se obtienen de manuales o de los DTI'S del centro de trabajo

- **Formato para guardar los archivos**

Todos los isométricos para la inspección se deben guardar en formato dwf de Auto CAD. La nomenclatura de los archivos electrónicos deberá ser: Planta (hasta 5 caracteres) - Circuito (01 hasta 99)-Unidad de control (001 hasta 999) - Numero de isométrico para la inspección (01, 02, etc.), así por ejemplo la Estación de bombeo se identifica como GTD01, con el circuito 03, con unidad de control 32 e isométrico 02, el nombre del archivo es: GTD01-03-032-02.

En la Figura 10 se muestra la pantalla con un diagrama de inspección técnica terminado con los elementos utilizados (AUTOCAD y el complemento QUITDRAW).

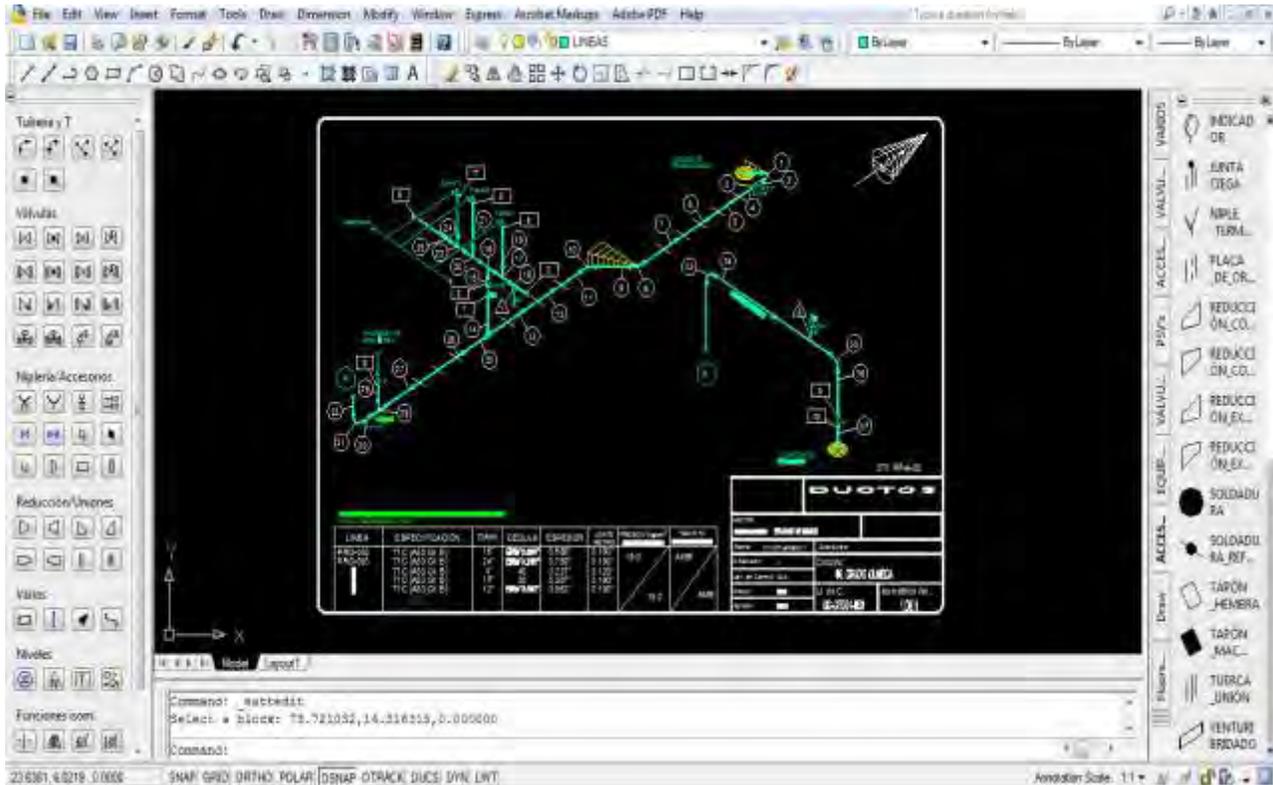


Figura 10. Dibujo Isométrico realizado en Auto CAD con la ayuda de la barra de herramientas QUIT DRAW

3.3.6. EMPATE

Un empate de niveles de inspección en una unidad de control, es la relación de niveles de un isométrico de referencia (el del expediente) con uno actualizado (el que se digitalizó previamente a partir de los levantamientos). En el proceso de actualización de un isométrico, tiene la correspondencia entre los niveles anteriores y los actuales, además se pueden tener niveles nuevos y niveles que se hayan eliminado.

Los empates son esenciales para cargar unidades de control al SIMECELE, es decir que, para cargar una inspección es necesario tener el empate que asocie

cada uno de los niveles y permita asignar correctamente las mediciones de espesor a un nivel marcado en el isométrico.

Para realizar el empate de una unidad de control de una línea, se utilizará el isométrico de referencia ubicado en sus expedientes, y el isométrico digitalizado, el cual ya está actualizado y verificado en campo. Es importante, que el isométrico de referencia, tenga indicados los niveles de tubería, niplería y tornillería, para poder realizar el empate.

El primer paso de un empate es llenar los siguientes datos para el control en el formato de empate:

- Nombre de la estación
- Unidad de control final en SIMECELE (el número de unidad de control)
- Unidad anterior (o de referencia, este puede variar dependiendo como sean identificadas las unidades de control en el centro de trabajo)
- Nombre de la persona que realiza el empate (sólo las iniciales)
- Nombre de la persona que realiza la captura en SIMECELE (sólo las iniciales)
- Fecha de elaboración del empate(día/mes/año)
- observaciones(sólo si es necesario)

El siguiente paso, es comparar el isométrico actualizado con el isométrico de referencia en cuanto a los niveles de inspección. En la figura11 , se puede observar como comparar los isométricos.

CAPITULO 3 METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION

PROYECTO PXR-SASIPA-GSISO-UNAM-01/2011		UC SIMECELE	UC-GTD01-032
FORMATO PARA EMPATES PARA LA CAPTURA		UC ANTERIOR	011-02-02, PSV-35-01, PCL-02-04
INSTALACIÓN	ESTACIÓN NUEVO TEAPA		FECHA 16/08/11
EMPATE GAS	CAPTURA PVL/JBH		
OBSERVACIONES			

DN: Diámetro nominal (In)			R=roscado			S=soldado			Esp= especial					
NIVELES DE TUBERÍA						NIVELES DE NIPLERÍA						NIVELES DE TORNILLERÍA		
DN	ACTUAL	ANTERIOR	DN	ACTUAL	ANTERIOR	TIPO	DN	ACTUAL	ANTERIOR	DN	ACTUAL	ANTERIOR		
30	1	NUEVO	16	37	33	C-N-V-S	½	1	NUEVO	30	1	NUEVO		
30	2	NUEVO	16	38	1	C-N-V-S	½	2	NUEVO	6	2	1		
30	3	NUEVO	16	39	3	C-N-V-S	½	3	NUEVO	6	3	2		
30	4	NUEVO	36	40	12	C-N-V-S	1	4	1	6	4	NUEVO		
30	5	NUEVO	16	41	25	C-N-V-S	½	5	1	6	5	3		
36	6	NUEVO	16	42	28	C-N-V-S	½	6	3	6	6	4		
36	7	NUEVO	16	43	14	C-N-V-S	½	7	5	6	7	NUEVO		
36	8	NUEVO	16	44	16	C-N-V-S	½	8	7	6	8	5		
36	9	NUEVO	36	45	18					6	9	6		
36	10	NUEVO	16	46	30					6	10	NUEVO		
2	11	NUEVO	16	47	31					16	11	3		
36	12	NUEVO	16	48	27					16	12	1		
36	13	NUEVO	16	49	29					8	13	2		
36	14	NUEVO	36	50	16					16	14	3		
36	15	NUEVO	16	51	35					16	15	6		
36	16	7	16	52	38					8	16	7		
36	17	8	16	53	40					16	17	4		
16	18	1	16	54	42					16	18	11		
16	19	4	16	55	28					8	19	12		
16	20	6								36	20	1		
6	21	16								16	21	3		
6	22	NUEVO								16	22	16		
16	23	8								8	23	17		
6	24	18												
6	25	NUEVO												
16	26	30												
16	27	12												
16	28	14												
6	29	20												
6	30	NUEVO												
36	31	5												
36	32	8												
36	33	NUEVO												
36	34	8												
36	35	18												
16	36	21												

Hoja 1 de 1

Figura 12. Formato para realizar empates

3.3.7. CARGA A SIMECELE

El SIMECELE, es un sistema desarrollado para el control, administración y evaluación de la información obtenida en la medición de preventiva de espesores tanto en líneas como en equipos. El SIMECELE se conforma por diferentes módulos:

- Capturar o editar información.
- Consulta de información.
- Ver isométricos en intranet.
- Ver o crear reportes.
- Ver o cargar especificación de materiales.
- Hacer o editar un isométrico.



Figura 13. Ventana de Bienvenida del SIMECELE

Para poder cargar la información generado de la medición preventiva de espesores a SIMECELE, nos ubicaremos en el modulo de edición y captura de información, ahí se encuentra los datos requeridos, que se tiene que cargar al sistema.

CARGAR ESPECIFICACIONES DE MATERIAL



Figura 16. Ventana para cargar especificaciones de material

Se selecciona la clase de material, las cuales contiene el licenciador, se selecciona el servicio, se indican las condiciones de operación máxima de la tubería (presión y temperatura), se indican los diámetros, con sus espesores nominales y límites de retiro (ver figura 16).correspondiente, y se da guardar.

En los siguientes opciones, además se tiene que indicar las ubicación de donde se va a cargar los datos, ya sea en un centro de refinación, área control de terminares de almacenamiento y reparto o área de control de estaciones de bombeo.

CARGAR SECTOR

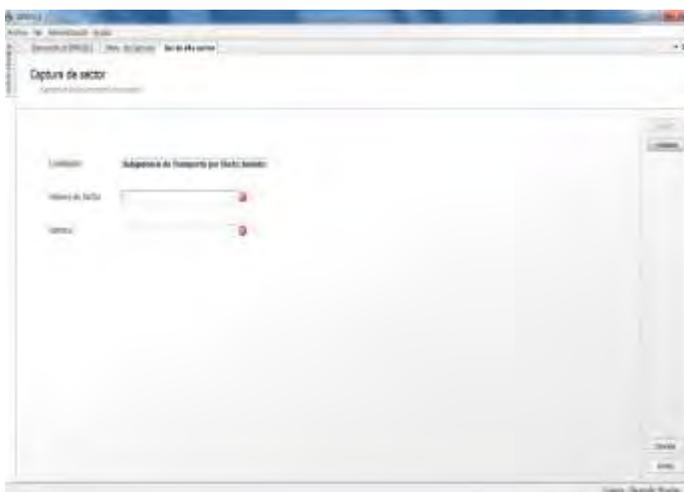


Figura 17. Ventana para agregar un sector

A continuación, se muestra la ventana para dar de alta los datos del sector. Se deberá capturar el número del sector formado por dos dígitos (01, 04, etc.). También se deberá capturar el nombre del sector, este campo puede ser llenado con 2 caracteres: dos dígitos o 1 dígito y una letra. Para finalizar la acción, dar clic en la opción

guardar y se mostrará una ventana con el aviso de que los cambios han sido guardados exitosamente (ver figura 17).

CARGAR DE ESTACIÓN DE BOMBEO

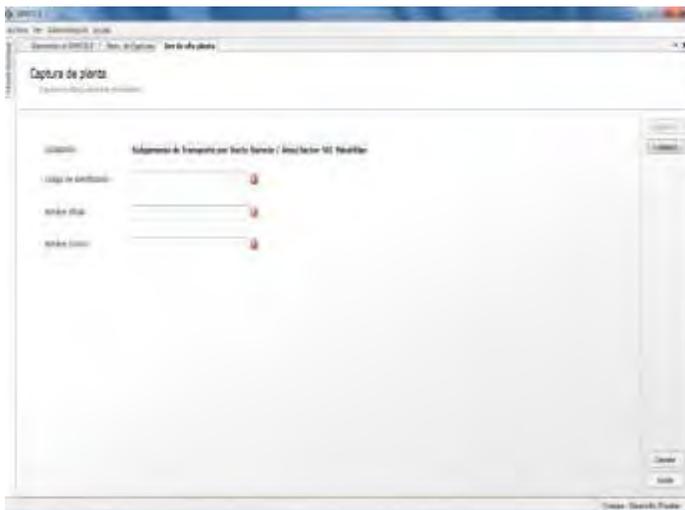


Figura 18. Ventana de captura de planta

En la ventana de captura de planta se deben llenar tres campos, el código de identificación (debe ser de más de 2 letras, no debe iniciar con número, si ya existe, colocar un numerador o cambiarlo, no se pueden repetir los nombres de las plantas), el nombre oficial y

el nombre común de la planta (ver figura 18). Para avanzar dar clic en el botón de siguiente, aparecerá una ventana de confirmación de datos y se presiona el icono guardar.

clic en el botón de siguiente, aparecerá una ventana de confirmación de datos y se presiona el icono guardar.

CARGA DE CIRCUITO (LINEAS O EQUIPOS)



Figura 19. Ventana de carga de circuito

En la ventana de captura de circuito (ver figura 19), se deben llenar los siguientes campos: número de circuito (2 dígitos) y nombre del mismo, Si se trata de un circuito de equipo se debe de habilitar la opción *Circuito para equipo*, y de inmediato aparecerá la letra E dentro de un paréntesis a un lado del campo para anotar el nombre del circuito. Se deben

llenar los siguientes campos: número de circuito (2 dígitos) y nombre del mismo; es decir, el TAG del equipo. Los datos proporcionados deben estar de acuerdo al censo de circuitos de equipo, realizado previamente. Para avanzar dar clic en el botón de siguiente.

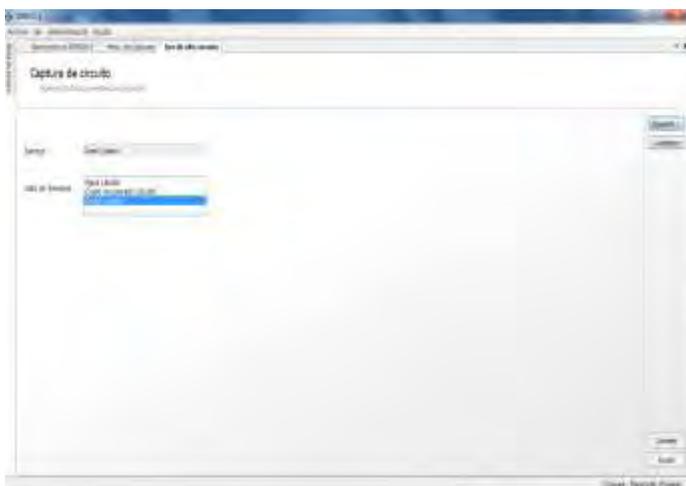


Figura 20. Ventana de selección de servicios

El siguiente paso es seleccionar el servicio que maneja el circuito. Se muestra la ventana para seleccionar el circuito y se selecciona de la lista. Dar clic en siguiente (ver figura 20).

La última ventana muestra un resumen de los datos proporcionados para el circuito, verificar los datos y dar clic en

Guardar. Seguir la misma secuencia para cada circuito de líneas que tenga la planta.

CARGA DE PERSONAL

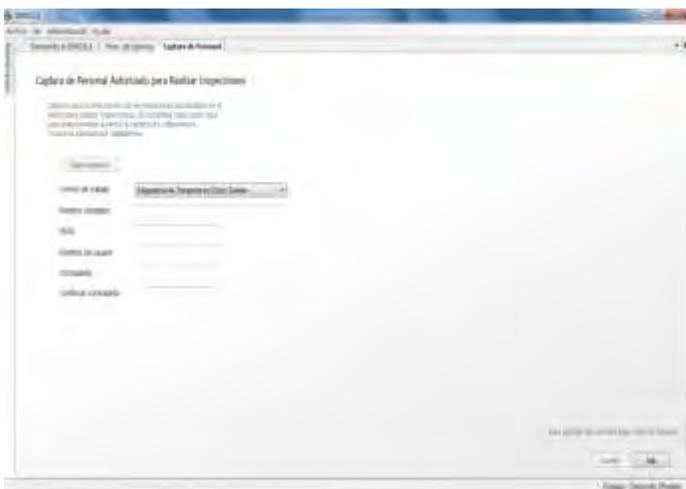


Figura 21. Ventana de carga de personal

El administrador de cuentas de usuarios de SIMECELE es el encargado de dar de alta al personal para calibraciones. Al dar clic en *Dar de alta personal para calibraciones* aparecerá la pantalla de firma digital, en la cual hay que ingresar una clave para poder entrar a la ventana de dar de alta al personal (ver

figura 21).

La siguiente pantalla mostrará un aviso de que los cambios han sido guardados exitosamente. Se deben repetir la secuencia de pasos para cada persona que se añada al personal de calibración.

CARGA DE UNIDAD DE CONTROL

La definición de una unidad de control, se refiere a dar de alta la estructura; es decir, seleccionar cada una de las piezas de tubería, niplería y tornillería que conforman la unidad de control. La definición de las piezas está ligada propiamente a los niveles indicados en la unidad de control.

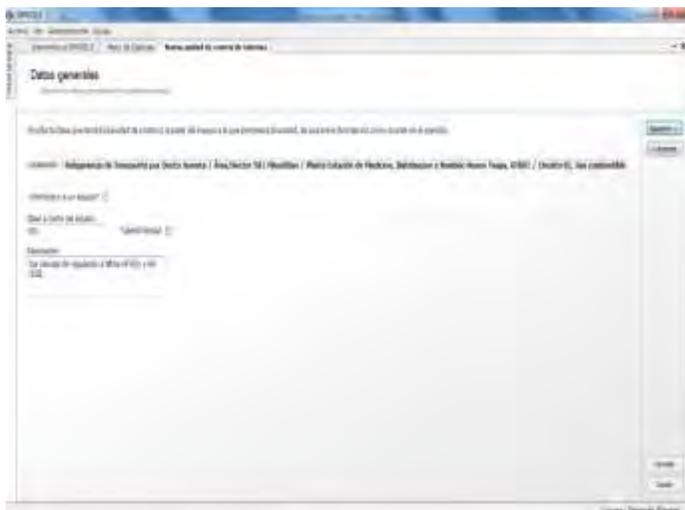


Figura 22. Ventana de datos generales

El siguiente paso es ingresar los datos de la unidad de control, en la siguiente figura se muestra la ventana de *Datos generales* (figura 22). Los datos de la unidad de control que se requieren son: la clave o parte del equipo, para las líneas se debe de ingresar la clave de identificación de tres dígitos. Indicar si la línea se encuentra forrada, habilitando el recuadro del lado derecho. Además se debe de ingresar la descripción de la unidad de control, es decir, referencias como equipos de donde sale y entra la línea. La clave y la descripción deben de coincidir con lo establecido en el censo de unidades de control.

Enseguida se muestra la ventana de *Especificación materiales* (figura 23) que es donde se seleccionará la clase de

El siguiente paso es ingresar los datos de la unidad de control, en la siguiente figura se muestra la ventana de *Datos generales* (figura 22). Los datos de la unidad de control que se requieren son: la clave o parte del equipo, para las líneas se debe de ingresar la clave de identificación de tres dígitos. Indicar si la línea se encuentra forrada, habilitando el recuadro

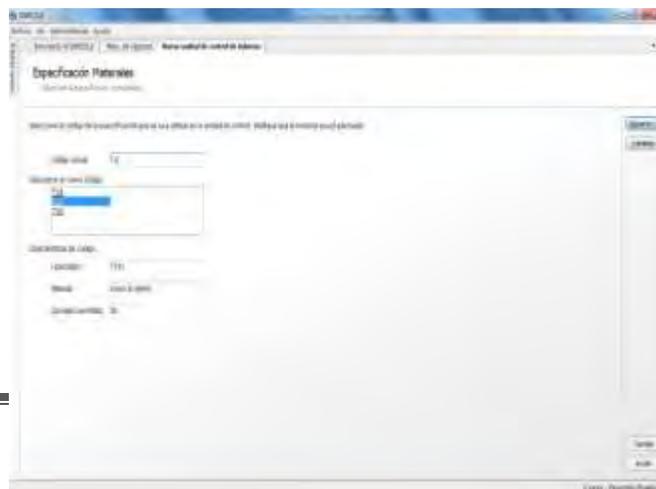


Figura 23. Ventana de especificación de material

material correspondiente a la unidad de control. En el recuadro, se encuentran todas las clases cargadas previamente al licenciador asignado a la planta. Para seleccionar sólo se debe dar un clic en la clase de material correspondiente, al seleccionar la clase, en la parte inferior, aparecerá las características de código.

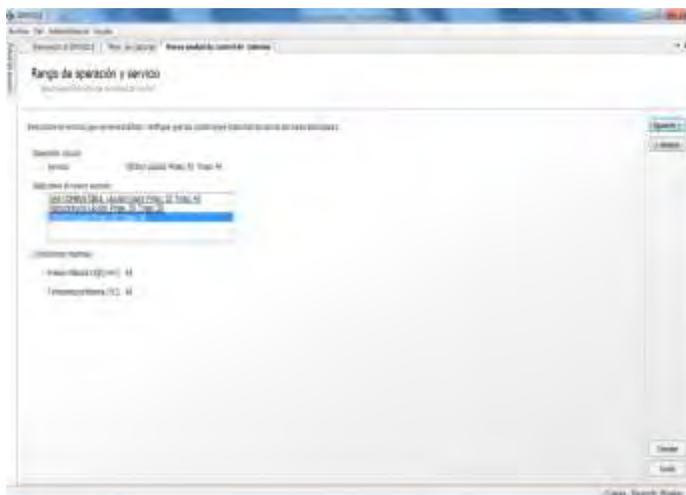


Figura 24. Ventana de rango de operación

La siguiente ventana es para asignar un servicio con sus condiciones máximas de operación a una unidad de control. A continuación se muestra la ventana de *Rango de operación y servicio* (figura 24), dar un clic sobre el servicio que le corresponda a la unidad de control y el rango de operaciones aparecerá de manera automática en donde dice condiciones máximas. Para avanzar dar clic en siguiente.

En la ventana de *Características de la unidad de control* (figura 25) se deben capturar los datos de presión y temperatura de operación de la unidad de control. En la parte de índice de riesgo seleccionar la opción que corresponda, en caso de no contar con el dato seleccionar la opción N.D. (no disponible). Llenados los campos se da clic en siguiente.

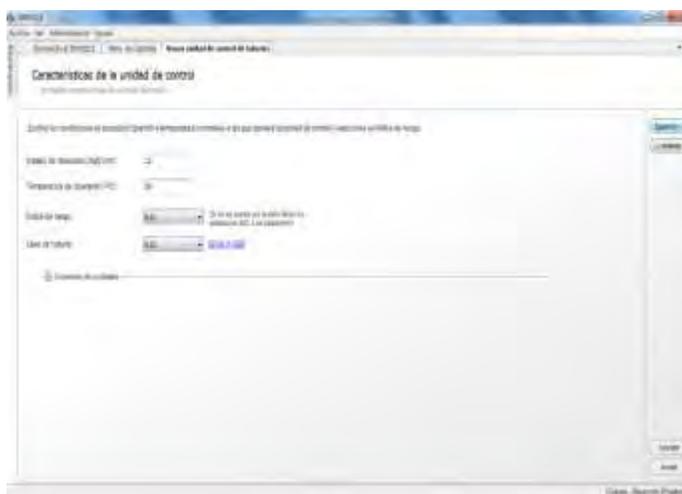


Figura 25. Ventana de características de la unidad de control

Se deben agregar los diámetros de la tubería y la niplería de las unidades de control que se cargará en el SIMECELE. A continuación se muestra la ventana para dar de alta los diámetros correspondientes, para seleccionar los diámetros dar clic sobre el diámetro y después en el botón *agregar* (ver figura 26), se pueden agregar los diámetros que sean necesarios. Es necesario tomar en cuenta que los diámetros seleccionados para la tubería son los que aparecerán para dar de alta la tornillería de la unidad de control.



Figura 26. Ventana de lista de diámetros

Una vez que se ha dado de alta la información de la unidad de control, el siguiente paso es dar de alta cada uno de los niveles de inspección con la pieza correspondiente. En seguida se muestra la ventana para capturar los niveles de tubería. Esta actividad se debe de realizar con el isométrico final y el empate de la unidad de control.

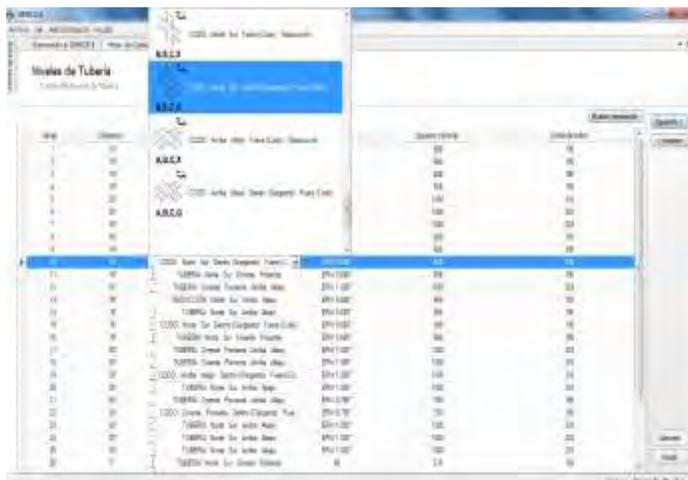


Figura 27. Ventana de captura de niveles

Esta sección está dividida por seis columnas (ver figura 27), la primera es el número de nivel que debe de corresponder con los indicados en los isométricos, la segunda es el diámetro de la pieza o accesorio de tubería, la tercera es el tipo de nivel (la pieza con la orientación indicada en el isométrico); las siguientes columnas son la cedula, el espesor

original y el límite de retiro.

Se debe de capturar el diámetro y tipo de nivel, para ambas columnas sólo hay que dar clic en la flecha que aparece en la celda y se desplegara la lista de diámetros cargados previamente y las diferentes piezas o accesorios en sus diferentes orientaciones. Automáticamente, al pasar al siguiente nivel, aparecerá la cédula, espesor original y límite de retiro, estos valores están definidos por la clase de material asignada a la unidad de control. Para continuar dar clic en el botón siguiente.

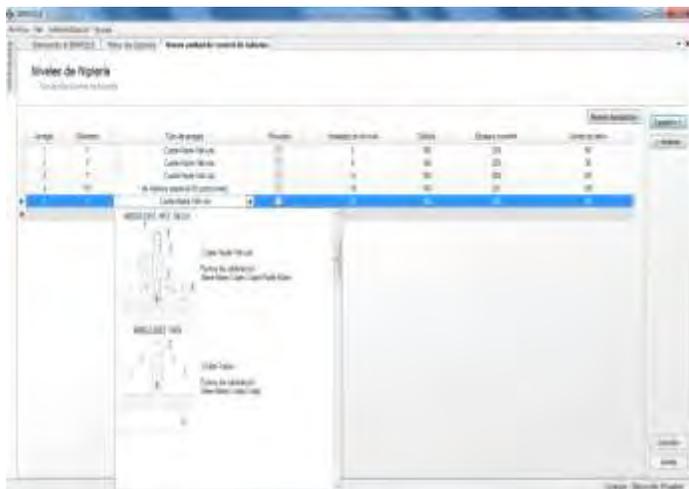


Figura 28. Ventana de niveles de niplería

El siguiente paso es dar de alta los niveles de niplería, a continuación se muestra la ventana para capturar los niveles de niplería correspondientes a la unidad de control (ver figura 28). Esta sección está formada por ocho columnas, la primera es para indicar el número de nivel, la segunda el diámetro de la niplería, la tercera para indicar el

tipo de arreglo de la niplería; la cuarta para indicar si la niplería es roscada, la quinta para determinar en qué nivel está ubicado; las siguientes son la cedula, el espesor nominal y el límite de retiro, después se da clic en siguiente.

La sección para dar de alta los niveles de tornillería está formada por cuatro columnas (ver figura 29). La primera

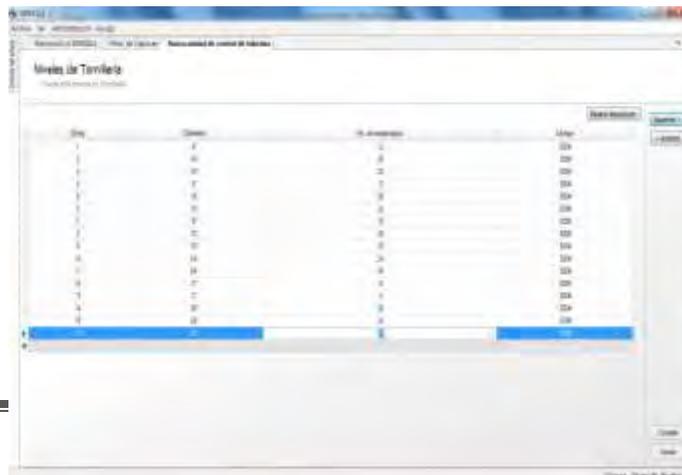


Figura 29. Ventana de niveles de tornillería

corresponde al número de nivel, la segunda al diámetro de la brida, la tercera al número de espárragos y la última al libraje correspondiente. Se tiene que dar de alta el diámetro de la brida y el número de espárragos, el libraje aparecerá automáticamente ya que está definido según la clase de material asignada. Para obtener la cantidad de espárragos se utilizará la norma ANSI B16.5 Dimensiones de bridas, se da clic en siguiente.

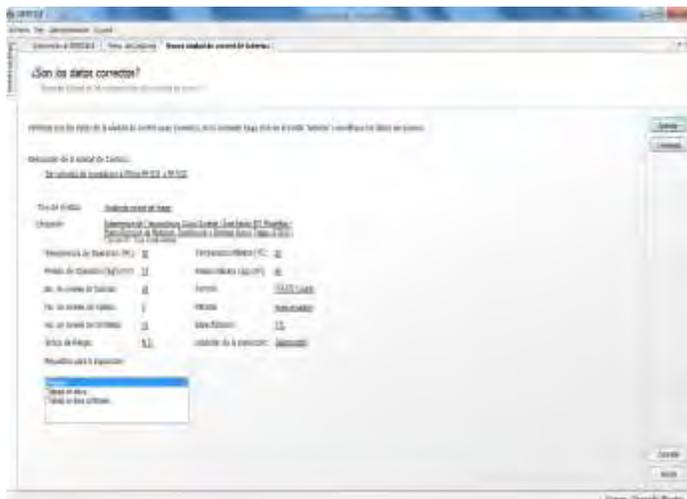


Figura 30. Ventana de resumen

Para finalizar, aparecerá una ventana en la cual se muestra un resumen de la información dada de alta para dicha unidad de control, verificar los datos, en el caso de detectar algún error dar clic en *anterior* corregir y regresar a esta ventana para dar clic en el botón de *guardar* (ver figura 30).

Si se trata de una unidad de control de equipos de una unidad de control de equipos se sigue el mismo procedimiento, accediendo en la parte de *capturar unidad de control de equipo*, solo las primeras ventanas serán diferentes, en clave o parte del equipo se debe indicar que se está capturando

(domo, fondo o anillo de tanque, filtro, bomba, etc.), y en descripción el equipo al que pertenece (TAG). Y en caso de que este forrado indicarlo. Dar clic en siguiente (ver figura 31).

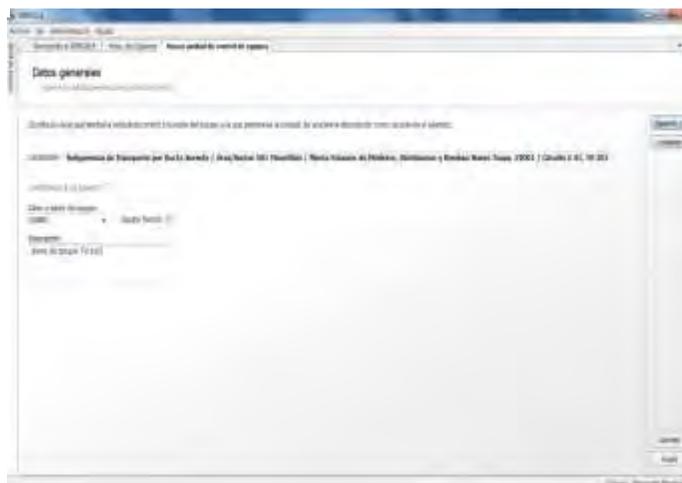


Figura 31. Ventana de datos generales para UC de equipos

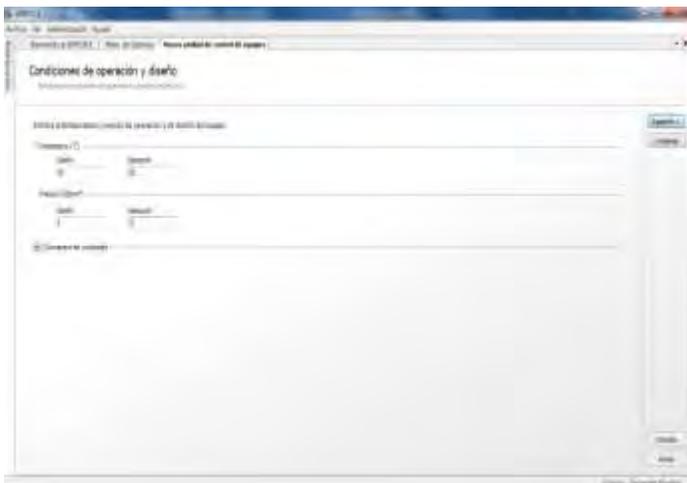


Figura 32. Ventana de condiciones de operación y diseño

Inmediatamente después aparecerá la ventana en donde se tiene que especificar las condiciones de operación y las de diseño del equipo (presión y temperatura). Dar clic en siguiente (ver figura 32).

Posteriormente aparecerá la pantalla de niveles de equipo (ver figura 33), análoga a la de tuberías, solo que en la referencia de posiciones aparece una sección en donde indica si es una placa, tapa o sección cilíndrica, los demás datos serán el material espesor nominal y límite de retiro, al dar clic en siguiente aparecerá

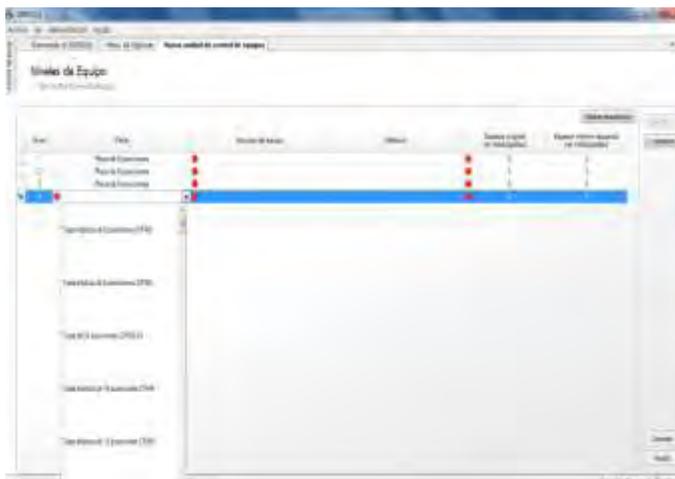


Figura 33. Ventana de niveles de equipo

la ventana de niveles de niplería, ventana de niveles de tornillería, ventanas de resumen de datos de la unidad de control (estas tres últimas ventanas, son exactamente iguales a las de tubería así que es igual el procedimiento), y se da clic en guardar

CARGA DE INSPECCIONES

Ya que se tiene capturada la estructura de una unidad de control de líneas o de equipos, lo siguiente es cargar el historial de inspecciones de medición de espesores. Se recomienda cargar al menos tres inspecciones para cada unidad de control.

La siguiente ventana que se abrirá, es la ventana correspondiente a la unidad de control seleccionada. En la figura 34, se muestra la ventana para cargar una nueva inspección a la unidad de control UC-GTD01-001. Esta sección está dividida por nueve pestañas situadas del lado izquierdo de la ventana:

- Datos de inspección.
- Calibración de tubería.
- Inspección visual de tubería.
- Calibración de partes de un equipo.
- Calibración de niplería.
- Revisión de niplería.
- Revisión de tornillería.
- Notas de campo.
- Validación de inspección.



Figura 34. Ventana de registro de inspección

En la primera pestaña, *Datos de inspección*, se tiene que dar de alta la información importante, como la fecha de cuando se realizó la inspección. Para llenar este campo, dar clic sobre la flecha a un costado del icono del calendario. Seleccionar el año, el mes y el día; esta información se encuentra en el expediente de la unidad de control.

Se debe de asignar el personal que realizó el trabajo, el ingeniero de seguridad (ingeniero del sector), inspector (ayudante de ingeniero) y ayudante de inspección. Del lado derecho de estos campos, se encuentra un recuadro con el personal

dado de alta previamente, para asignar el personal sólo seleccionar el nombre y dar clic en agregar.

Debajo del campo para seleccionar la fecha de calibración se encuentra las opciones para las inspecciones que se pueden cargar al SIMECELE. Al dar clic sobre las opciones de inspección, estas habilitaran las pestañas del lado derecho para así poder cargar la inspección.

Para cargar la inspección de niveles de tubería, dar clic en la pestaña del lado izquierdo en *Calibración de tubería*, aparecerá la ventana de Inspección de tubería. Esta sección está dividida por una tabla de seis columnas, las que se encuentran de color gris no se pueden editar, es información que se dió de alta previamente.

La primera columna es el número de nivel, la segunda son datos de nivel como diámetro nominal, límite de retiro y espesor nominal, en la tercer columna se muestra la posición en donde se debe tomar la medición y la cuarta muestra la lectura anterior. La siguiente columna se llama lectura actual, y es donde se cargarán los datos de la inspección que se está dando de alta, esta columna se encuentra de color blanco. La última columna muestra comentarios que genera el sistema al comparar la medición actual con la anterior, evaluando la velocidad de desgaste.

La captura de los datos, se hará de manera manual. Se debe de tener el empate y el expediente de la unidad de control a la que se va a cargar la inspección (ver figura 35). El empate es la guía para asignar correctamente las mediciones registradas en el expediente a la unidad de control cargada en el SIMECELE. Para

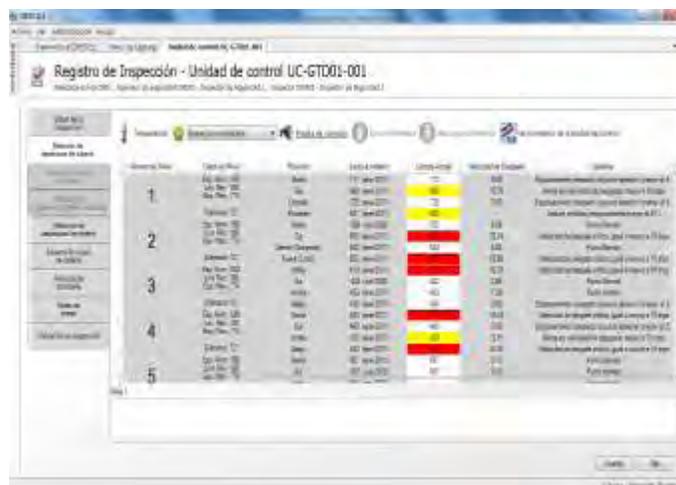


Figura 35. Ventana de captura de datos de inspección

finalizar dar clic en *guardar* y pasar a dar de alta la siguiente inspección.

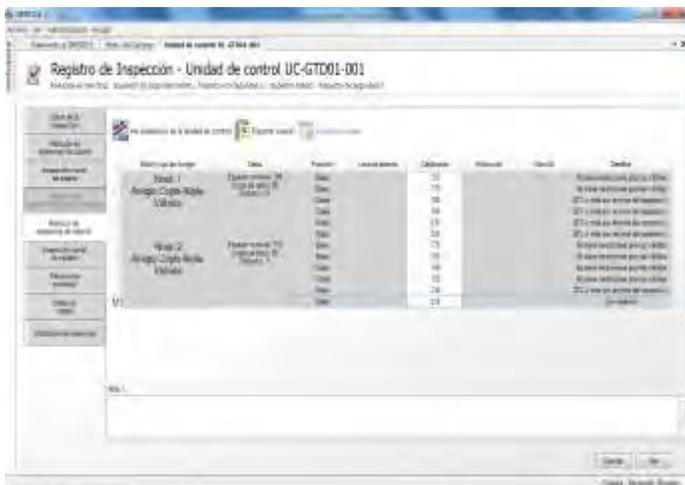


Figura 36. Ventana de captura de inspecciones de niplería

La próxima inspección para cargar, es la *Calibración de niplería*. Al dar clic sobre esta pestaña se abrirá la ventana que se muestra en la figura 36. Esta sección cuenta con siete columnas: el número de nivel, información sobre del nivel como el diámetro, límite de retiro, las posiciones de los

puntos de medición, la medición anterior, la medición actual, la velocidad de desgaste y los detalles. Sólo se puede escribir los datos de espesores en la columna de color blanco. La captura de datos será manual, y los datos se obtienen del expediente de la unidad de control. Al finalizar dar clic en *guardar* y continuar con la siguiente inspección.



Figura 37. Ventana de captura de revisión visual de niplería

Para pasar a la *Revisión de niplería*, dar clic en la pestaña del lado izquierdo y se abrirá la ventana (ver figura 37). Para inspección visual de niplería es necesario ir seleccionando el nivel de niplería, del lado izquierdo aparecerá una lista con todos los niveles de niplería cargados a la unidad de control.

Al seleccionar el arreglo de niplería, de lado derecho de la pantalla aparecerán las piezas que conforman el arreglo de niplería y los aspectos a evaluar de cada una de ellas. También se verán dos columnas en donde se colocarán los resultados de

la inspección visual. La primera columna es para indicar como se encuentra la pieza y la segunda es para indicar como es que se dejó. Ambas columna cuentan con una lista pre-cargada de las posibles respuestas (bien, correcto, largo, etc.) seleccionar la correcta según lo indicado en el expediente. Al finalizar dar clic en el botón de *guardar*.

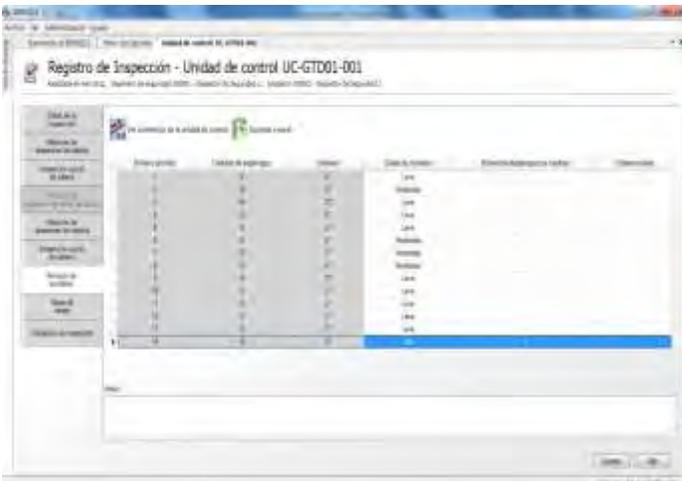


Figura 38. Ventana de captura de inspecciones de tornillería

Para ingresar a la *Revisión de tornillería*, dar clic sobre la pestaña gris del lado izquierdo y se abrirá la ventana (ver figura 38). Esta sección esta dividida por cinco columnas, la primera indica en número de nivel de tornillería, el segundo la cantidad de esparrago correspondientes según el libraje, la tercera es para indicar el grado de corrosión, la

siguiente para establecer el número de espárragos a cambiar y la última es un campo para escribir notas sobre cada nivel. Para asignar el grado de corrosión dar clic sobre la celda y se desplegara una lista de las opciones posibles, ver el expediente y asignar el grado correcto. Al finalizar dar clic en *guardar*.

En la opción *Validación de inspección* se muestra un análisis de los datos que se capturaron en las pestañas anteriores, para realizar una revisión de la captura y que todos los datos tengan una relación razonable (ver figura 39). En seguida se muestra una gráfica que describe como varía el

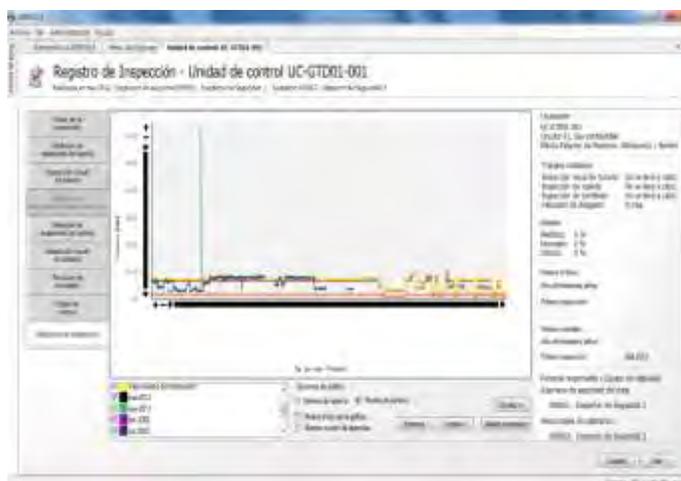


Figura 39. Ventana de validación de inspección

espesor por cada nivel que se calibra, al terminar de revisar está pantalla se puede concluir el trabajo.

REVISIÓN DE UNA UNIDAD DE CONTROL

Para la revisión de una unidad de control ya sea de líneas o de equipos se debe hacer un análisis general de todo el procedimiento; la revisión se puede desglosar de la siguiente manera:

- La línea inferior de la grafica representa los límites de retiro y la superior al espesor nominal, por lo tanto los puntos de la inspección deben moverse entre estas dos líneas, si hay puntos muy por arriba o muy por debajo de esta línea se procede a una reiterar los datos capturados.
- Si no hay anomalías visibles se selecciona puntos al azar de las tres inspecciones y se verifica si estructura e inspección se capturo correctamente.

De esta manera queda concluido el desarrollo de la metodología que se llevo a cabo, a continuación en la figura 40, se muestra un diagrama de flujo de cómo llevar a cavo esta metodología, y posteriormente los resultados obtenidos de en la estación de bombeo.

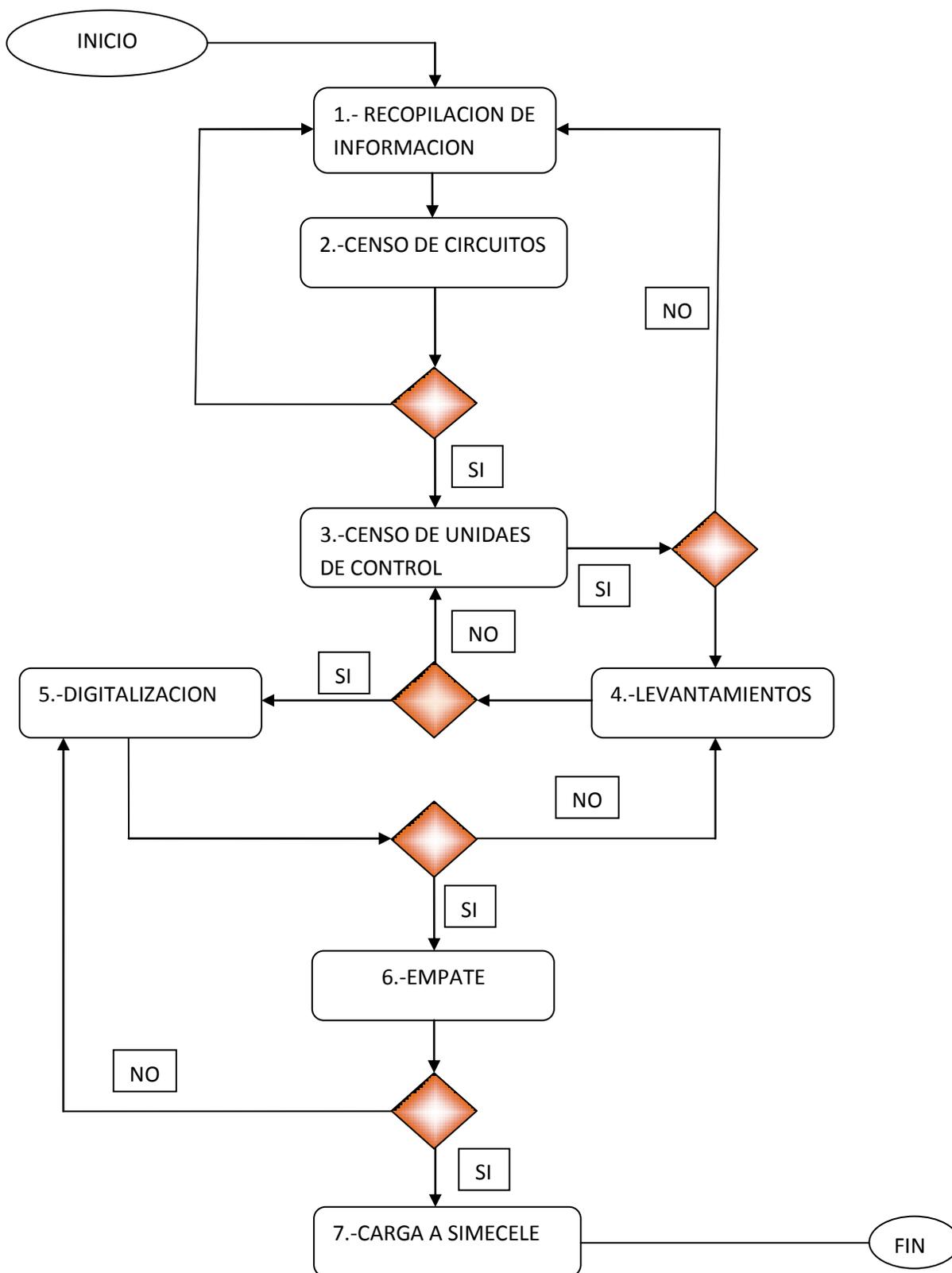


Figura 40. Diagrama de flujo de Metodología de implementación de SIMECELE

4. RESULTADOS

La ingeniería química tiene grandes y muy variados campos de aplicación, el ingeniero químico en su función principal de ingeniero de proceso comprende el desarrollo y diversas formas de trabajar con los hidrocarburos, desde su transporte hasta su procesamiento, por ende es consciente de la importancia de la seguridad en cualquier centro de trabajo, así de cómo desarrollar métodos y medios que contribuyan con ello, por tal motivo el desarrollo de SIMECELE en una estación de bombeo de hidrocarburos es de gran importancia, y a continuación se presentan los resultados obtenidos en un periodo de 6 meses , de acuerdo a la metodología descrita en el capítulo anterior. Iniciando con la descripción del proceso.

A la Estación de bombeo llega crudo Istmo, Maya, Olmeca de la Estación 1 y de la estación 2 llega crudo despuntado. Después de recibir el crudo, es enviado a la sección de patines de medición de llegada (patines B, F, G, H, I, J y L) los cuales tiene la finalidad de regular de manera precisa el flujo de llegada bajo los parámetros de temperatura y presión, posteriormente el crudo es enviado a la sección de mezcla de crudo.

Una parte del crudo Istmo recibido, es enviado sin pasar por la sección de bombeo directo a Minatitlán, pasando por el patín de llegada I y por el patín 6 de salida, el crudo es enviado por un oleoducto de 24”.

De la sección de mezclado, el crudo es enviado a los cabezales de succión de Poza Rica, Venta de Carpio, Cadereyta, y Salina Cruz.

La descarga de crudo es enviada a su cabezal correspondiente, cabezales de descarga de Poza Rica, Venta de Carpio, Cadereyta, y Salina Cruz, a los patines de medición de salida. El crudo del patín 1 es enviado a Poza Rica por un oleoducto de 30”. El crudo del patín 4 es enviado a Venta de Carpio por un oleoducto de 30”. El crudo del patín 5 es enviado a Salina Cruz por un oleoducto

de 30". El crudo del patín 7 es enviado a Poza Rica por un oleoducto de 30". Y por último, el patín 8 envía crudo a Cadereyta por un oleoducto de 24".

4.1. INFORMACION RECOPIADA

Como se indico anteriormente el primer paso es recopilar la información necesaria para llevar a cabo un plan de actividades, así que la información que se recopilada fue la siguiente:

Tabla 2. Información recopilada de la estación de bombeo

NO.	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN	FECHA
01	Diagrama general de la Estación de bombeo	0	Febrero/2009
02	Diagramas de Tubería e Instrumentación	0	05/11/07
03	Diagramas de inspección técnica	0	1999-2011
04	Expedientes para la medición preventiva de espesores	0	1999-2011

4.2. CENSO DE CIRCUITOS

Con base a él diagrama general se obtuvieron los servicios dentro de la estación y por ende los circuitos, la numeración comienza del número 3 en adelante ya que los 2 primeros correspondientes a gas y venteo del mismo, no formaron parte del trabajo puesto que ya se habían realizado, así como 1 tanque y 4 bombas.

Tabla 3. Censo final de circuitos de líneas de la estación de bombeo

NO.	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	SERVICIO	DFP
03	CRUDO ISTMO	Llegada de crudo Istmo pasa por El patín B y patín I para enviar una parte a Minatitlán y otra a la sección de mezclado de crudo	Crudo	Diagrama General
04	CRUDO MAYA	De trampa de recibo oleoducto de 30"de la Estación Palomas- Estación de bombeo a patín F, patín H y patín J a cabezal de MAYA A POZARICA, MAYA A SALINA CRUZ y MAYA A MINATITLÁN (sección de mezclado de crudo)	Crudo	Diagrama General
05	CRUDO DESPUNTADO	Llegada de crudo despuntado de Cangrejera pasa por el patín G y se va cabezal despuntado a sección de mezclado de crudo (Venta de Carpio,	Crudo	Diagrama General

		Minatitlán y Poza Rica)		
06	CRUDO OLMECA	Dela llega de cabezal de crudo Istmo a cabezal de crudo Olmeca 24" y distribución a cabezal de mezclado de crudo y patines L y I	Crudo	Diagrama General
07	CRUDO Terciario	Llegada de crudo terciario a cabezal de desfogue de 24"-PRO-213-T1D	Crudo	Diagrama General
08	CRUDO MEZCLA	De sección de mezclado a Succión y descarga a Cadereyta , Venta de Carpio, Poza Rica y Salina Cruz	Crudo	Diagrama General
09	CRUDO RECUPERADO	Crudo recuperado de PSV's a Fosas y a tanques TV-101,TV-102 y T-103	Crudo	Diagrama General

Tabla 4. Censo final de equipos de la estación de bombeo

NO.	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	SERVICIO	DFP
E1	BA-1	Bomba tipo centrífuga	Crudo	Diagrama General
E2	BA-2	Bomba tipo centrífuga	Crudo	Diagrama General
E3	BA-3	Bomba tipo centrífuga	Crudo	Diagrama General
E4	BA-4	Bomba tipo centrífuga	Crudo	Diagrama General
E5	TV-101	Tanque de almacenamiento	Crudo	Diagrama General

4.3. CENSO DE UNIDADES DE CONTROL

Una vez Identificados los circuitos y con apoyo de los DTI's se identificaron las unidades de control, como en de caso de los circuitos la numeración no empieza con el 001, ya que las primeras unidades pertenecen a los circuitos previamente realizados, para los equipos se consideraron solos los anillos del tanque, mientras que para las bombas se manejo el cuerpo y su sistema lubricante.

Tabla 5. Censo final de unidades de control de líneas de la Estación De Bombeo

CIRCUITO SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL ORIGINAL	DESCRIPCIÓN	DTI
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-030	C1LL-01-02/C1LL-01-01/ILL-30-01/RCI-02-03	Llegada de crudo istmo 30" hasta válvulas de regulación	PR-A-01

03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-031	RCI-02-03	De válvulas de regulación a filtros FP-531 y FP-532	PR-A-01
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-032	PSV-36-01/CIL-02-02/RCI-02-04	Llegada de crudo istmo 36" hasta válvulas de regulación	PR-A-01
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-033	RCI-02-04	De válvulas de regulación a filtros FP-431 y FP-432	PR-A-01
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-034	FPI-03-01/SPI-BP-01/SPBP-I-01	De FP-432 y FP-532 a Patín I, cabezal a mezclado	PR-A-01/02/08
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-035	NUEVO	Patín I	PR-A-02
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-036	PL-VC-03	Patín L	PR-A-02
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-037	FPI-03-03 / CAB-P06-01	De FP-431 y FP-531 a patín B, cabezal a Salina Cruz	PR-A-01
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-038	PBPB-04-03/PBPB-04-03,SALIDAPATIN B/SPB-48-01	Patín B	PR-A-04
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-039	SM-48-04	Línea de 36" y válvula de conexión con la llegada de istmo de 36"	N/A
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-040	TED-48-01	Oleoducto de 48" a Salina Cruz y cabezal de interconexión de salida	PR-A-12/13
03. CRUDO ISTMO	UC-GTD01-041	TED-48-01	Trampa de envío de diablos a Salina Cruz 48"	PR-A-13
04. CRUDO MAYA	UC-GTD01-042	LLCM-36-01	Llegada de crudo maya hasta válvulas de regulación	PR-A-01
04. CRUDO MAYA	UC-GTD01-043	NUEVO	Llegada de maya de 30" y válvulas de regulación a filtros FP-332 y FP-331 y maya de 30"	PR-A-01
04. CRUDO MAYA	UC-GTD01-044	NUEVO	Trampa de recibo de diablos	N/A
04. CRUDO MAYA	UC-GTD01-045	NUEVO	Cabezal de distribución de crudo maya a los patines de baja presión	PR-A-01
04. CRUDO MAYA	UC-GTD01-046	PBJ-J-01	Patín J	PR-A-02
04. CRUDO MAYA	UC-GTD01-047	PBP-H-01	Patín H	PR-A-03
04. CRUDO MAYA	UC-GTD01-048	PBP-F-01	Patín F	PR-A-03
05. CRUDO DESPUNTADO	UC-GTD01-049	PVS-CD01/D-24CAN(1)/P SV CD-02	Llegada de crudo maya despuntado hasta válvulas de regulación	PR-A-01

CAPITULO 4 RESULTADOS

05. CRUDO DESPUNTADO	UC-GTD01-050	NUEVO	De válvulas de regulación a filtros FP-132 y FP-131	PR-A-01
05. CRUDO DESPUNTADO	UC-GTD01-051	CD-24-01	De filtros FP-132 y FP-131 a Patín G	PR-A-01
05. CRUDO DESPUNTADO	UC-GTD01-052	PBP-G-01	Patín G	PR-A-03
06. CRUDO OLMECA	UC-GTD01-053	COLL-01-01	Llegada de crudo olmeca	PR-A-03/08
07. CRUDO TERCIARIO	UC-GTD01-054	NUEVO	Llegada de crudo terciario (Fuera de operación)	PR-A-01
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-055	SD-VC-TB1/SD-VC- TB2/SD-VC- TB3/SD-VC- TB4/SD-VCTS5/CCMAY A-01	Mezclado de crudo a Venta de Carpio y cabezal de succión	PR-A-01/02/03/08/09
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-056	CBD-04-04/SD-VC- TB1/SD-VC- TB2/SD-VC- TB3/SD-VC- TB4/ SD-VCTS5	Cabezal de descarga a Venta de Carpio de 30"	PR-A-09/11
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-057	PAP-4-04	Patín 4	PR-A-11
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-058	TVC-30-01	Oleoducto de 30" a Venta de Carpio	PR-A-13
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-059	TVC-30-01	Trampa de envío de diablos a Venta de Carpio 30"	PR-A-13
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-060	NUEVO	Cabezal de descarga a Venta de Carpio de 24"	PR-A-09/10
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-061	PAP-07-01	Patín 7	PR-A-10
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-062	TED-VTAC-01	Oleoducto de 24" a Venta de Carpio	PR-A-12
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-063	TED-VTAC-01	Trampa de envío de diablos a Venta de Carpio 24"	PR-A-12
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-064	NUEVO	Cabezal de recirculación por alta descarga, Venta de Carpio	PR-A-09
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-065	CAB-P06-02 / CAB- P06/01	Mezclado de crudo a Minatitlán hasta Patín 6	PR-A-08
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-066	PATIN 6PAP-06-06	Patín 6	PR-A-11
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-067	TED-24-01	Oleoducto de 24" a Minatitlán	PR-A-12
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-068	TED-24-01	Trampa de envío de diablos a Minatitlán 24"	PR-A-12
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-069	NUEVO	Mezclado a Salina Cruz y cabezal de succión	PR-A-08/09
08. CRUDO	UC-GTD01-070	CD-30-05	Cabezal de descarga	PR-A-09/11

CAPITULO 4 RESULTADOS

MEZCLA			a Salina Cruz hasta Patín 5	
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-071	PAP-05-02	Patín 5	PR-A-11
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-072	PSV-SC-30/TED-SCD01	Oleoducto de 30" a Salina Cruz	PR-A-13
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-073	TED-SC-01	Trampa de envío de diablos a Salina Cruz 30"	PR-A-11
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-074	SBA2-PR-01	Mezclado de crudo a Poza Rica Y Cadereyta y cabezal de succión 30"	PR-A05/06/07/08
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-075	NUEVO	Mezclado de crudo a Poza Rica Y Cadereyta y cabezal de succión 24"	PR-A-05/06/08
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-076	DBAI-PR- 02/CD-30- PR	Cabezal de descarga de 30" a Poza Rica hasta Patín 1	PR-A 07/06/05
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-077	PBP-01-PR	Patín 1	PR-A-04
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-078	PSV-30PR-01	Oleoducto de 30" a Poza Rica	PR-A-04/08/09/12
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-079	TED-30PR	Trampa de envío de diablos a Poza Rica 30"	PR-A-12
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-080	NUEVO	Cabezal de descarga de 24" a Cadereyta hasta Patín 8	PR-A-05/06/08/09/10
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-081	NUEVO	Patín 8	PR-A-10
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-082	NUEVO	Oleoducto de 24" a Cadereyta	PR-A-12
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-083	NUEVO	Trampa de envío de diablos a Cadereyta 24"	
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-084	NUEVO	Cabezal de recirculación por alta descarga a línea de 24"	PR-A-05/06/08
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-085	NUEVO	Cabezal de recirculación por alta descarga a línea de 30"	PR-A-05/06/07
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-086	SPBP-1-01/ SPBP-L-01/D- PBJ-01/D-PBI- 01/PBPB-04- 03/SPF- PBP- 01/SPB-B- 01/SPH-PBP	Cabezal de patines de baja presión a probador P-300	PR-A-02/03/04
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-087	PBPB-04- 03/SPBP-1- 01/SPB-B- 01/SPF- PBP- 01/DPBIO1/	Cabezal de probador P-300 a patines de baja presión	PR-A-02/03/04

08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-088	CBP-30-01	Probador P-300	PR-A-04
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-089	NUEVO	Cabezal de patines de alta presión a probador P-600	PR-A-11/10
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-090	NUEVO	Cabezal de probador P-600 a patines de alta presión	PR-A-11/10
08. CRUDO MEZCLA	UC-GTD01-091	NUEVO	Probador P-600	PR-A-10
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-092	ETV-101	Cabezal de desfogue de 24". De PSV's de las llegadas de crudo a TV-101	PR-A-01/09
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-093	NUEVO	Cabezal de desfogue de 16". PSV's de descargas a TV-101.	PR-A-06/07/08/09/14
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-094	NUEVO	Cabezal de desfogue de 12" a TV-101	PR-A06/08/09/14
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-095	NUEVO	Cabezal de desfogue de línea de 30". Línea de 12"	PR-A-06/08/09
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-096	BT-01-01/BT-01-02/BT-03	Succión de bombas de trasiego a Minatitlán	PR-A-14
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-097	BT-01-01/BT-01-02/BT-03	Descarga de bombas de trasiego a Minatitlán	PR-A-14
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-098	NUEVO	Recirculación de bombas a TV-102 y TV-103	PR-A-14
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-099	NUEVO	De fosa a TV-102 y TV-103	PR-A-14
09. CRUDO RECUPERADO	UC-GTD01-100	NUEVO	Desfogue a las trampas de diablos.	PR-A-12/13

Tabla 6. Censo final de unidades de control de equipos de la Estación De Bombeo

Circuito	Unidad de Control	Unidad Anterior	DTI	Descripción
E1. BA-1	CUERPO	NUEVO	PR-A-07	Bombeo de Crudo
E1. BA-1	SL	NUEVO	PR-A-07	Sistema de lubricación de la bomba BA-1
E2. BA-2	CUERPO	NUEVO	PR-A-07	Bombeo de Crudo
E2. BA-2	SL	NUEVO	PR-A-07	Sistema de lubricación de la bomba BA-2
E3. BA-3	CUERPO	NUEVO	PR-A-07	Bombeo de Crudo

E3. BA-3	SL	NUEVO	PR-A-07	Sistema de lubricación de la bomba BA-3
E4. BA-4	CUERPO	NUEVO	PR-A-07	Bombeo de Crudo
E4. BA-4	SL	NUEVO	PR-A-07	Sistema de lubricación de la bomba BA-4
E5 TV-3	ANILLO 1	NUEVO	PR-A-14	Anillo 1 del tanque TV-3
E5 TV-3	ANILLO 2	NUEVO	PR-A-14	Anillo 2 del tanque TV-3
E5 TV-3	ANILLO 3	NUEVO	PR-A-14	Anillo 3 del tanque TV-3
E5 TV-3	ANILLO 4	NUEVO	PR-A-14	Anillo 4 del tanque TV-3
E5 TV-3	ANILLO 5	NUEVO	PR-A-14	Anillo 5 del tanque TV-3

4.3.1. DIAGRAMAS DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES DE CONTROL

Se cuenta con un total de 14 DTI's, en donde se identifico las unidades de control

Tabla 7. Descripción de los DTI's utilizados para la identificación de unidades de control

No.	NOMBRE	No. DE DIAGRAMA	REV.	FECHA
1	ENTRADA DECRUDO A EST. ESTACION DE BOMBEO	PR-A-01	0	05/11/2007
2	PATINESDEMEDICIÓN“L”,“J”&“I”	PR-A-02	0	05/11/2007
3	PATINES“HG&F	PR-A-03	0	05/11/2007
4	PATINESB I & 1	PR-A-04	0	05/11/2007
5	BOMBAS A, B y C	PR-A-05	0	05/11/2007
6	BOMBAS1/2/3/4/5POZARICA	PR-A-06	0	05/11/2007
7	BOMBASBA 1/2/3/4/5 SALINA CRUZ	PR-A-07	0	05/11/2007
8	MEXCLA DE CRUDO	PR-A-08	0	05/11/2007
9	BBAS.DEBA-1VCALABA-6VC	PR-A-09	0	05/11/2007
10	PATINES7Y8;PROBADOP-600	PR-A-10	0	05/11/2007
11	PATINES“4, 5 Y 6”	PR-A-11	0	05/11/2007

12	TRAMPASDEENVIOSDEDIABLOS	PR-A-12	0	05/11/2007
13	TRAMPASDEENVIOSDEDIABLOS	PR-A-13	0	05/11/2007
14	TANQUES DECRUDO	PR-A-14	0	05/11/2007

4.4. DIAGRAMAS PARA LA MEDICIÓN DE ESPESORES

Después de realizar la identificación de los circuitos y unidades de control, se procedió a realizar los levantamientos, este trabajo implicó 2 semanas de supervisión directa en la estación, ya que se cotejó la distribución real de la estación con la descrita en los planos, encontrando así solo un par de líneas que no estaban consideradas. Posteriormente ya con el trabajo de levantamiento terminado, se realizó la digitalización de los mismos, esto como se había mencionado con la ayuda del programa AUTO CAD, y la barra de herramientas QUIT DRAW, obteniendo 144 diagramas para la medición de espesores en líneas de la Estación De Bombeo, con un total 4465 niveles de tubería, 684 niveles de niplería y 1634 niveles de tornillería, y 13 diagramas para equipos. Distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 8. Isométricos obtenidos por unidad de control de líneas

UNIDAD DE CONTROL SIMECELE	CIRCUITO SIMECELE	No. ISOM.	NOMBRE ELECTRÓNICO	NIVELES		
				TU	NI	TO
030	03. CRUDO ISTMO	2	GTD01-03-030-01 GTD01-03-030-02	48	7	20
031	03. CRUDO ISTMO	1	GTD01-03-031-01	29	5	16
032	03. CRUDO ISTMO	2	GTD01-03-032-01 GTD01-03-032-02	54	8	23
033	03. CRUDO ISTMO	1	GTD01-03-033-01	33	5	18
034	03. CRUDO ISTMO	3	GTD01-03-034-01 GTD01-03-034-02 GTD01-03-034-03	88	9	39
035	03. CRUDO ISTMO	2	GTD01-03-035-01 GTD01-03-035-02	57	20	45
036	03. CRUDO ISTMO	1	GTD01-03-036-01	14	6	12
037	03. CRUDO ISTMO	1	GTD01-03-037-01	54	7	10
038	03. CRUDO ISTMO	3	GTD01-03-038-01 GTD01-03-038-02 GTD01-03-038-03	62	23	47

CAPITULO 4 RESULTADOS

039	03. CRUDO ISTMO	1	GTD01-03-039-01	49	1	11
040	03. CRUDO ISTMO	1	GTD01-03-040-01	45	2	11
041	03. CRUDO ISTMO	1	GTD01-03-041-01	11	2	5
042	04. CRUDO MAYA	1	GTD01-04-042-01	33	4	13
043	04. CRUDO MAYA	3	GTD01-04-043-01 GTD01-04-043-02 GTD01-04-043-03	74	3	19
044	04. CRUDO MAYA	1	GTD01-04-044-01	15	3	5
045	04. CRUDO MAYA	1	GTD01-04-045-01	33	3	7
046	04. CRUDO MAYA	2	GTD01-04-046-01 GTD01-04-046-02	55	15	31
047	04. CRUDO MAYA	1	GTD01-04-047-01	32	11	24
048	04. CRUDO MAYA	3	GTD01-04-048-01 GTD01-04-048-02 GTD01-04-048-03	78	18	42
049	05. CRUDO DESPUNTADO	2	GTD01-05-049-01 GTD01-05-049-02	47	13	11
050	05. CRUDO DESPUNTADO	1	GTD01-05-050-01	20	10	2
051	05. CRUDO DESPUNTADO	1	GTD01-05-051-01	22	5	9
052	05. CRUDO DESPUNTADO	4	GTD01-05-052-01 GTD01-05-052-02 GTD01-05-052-03 GTD01-05-052-04	134	23	65
053	06. CRUDO OLMECA	1	GTD01-06-053-01	37	2	10
054	07. CRUDO TERCIARIO	1	GTD01-07-054-01	16	2	7
055	08. CRUDO MEZCLA	7	GTD01-08-055-01 GTD01-08-055-02 GTD01-08-055-03 GTD01-08-055-04 GTD01-08-055-05 GTD01-08-055-06 GTD01-08-055-07	176	20	39
056	08. CRUDO MEZCLA	3	GTD01-08-056-01 GTD01-08-056-02 GTD01-08-056-03	141	16	49
057	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-057-01 GTD01-08-057-02	67	22	55
058	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-058-01	36	7	11
059	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-059-01	8	2	2
060	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-060-01	36	1	6
061	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-061-01 GTD01-08-061-02	36	11	29
062	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-062-01	46	5	10
063	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-063-01	9	2	2
064	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-064-01 GTD01-08-064-02	58	0	13
065	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-065-01 GTD01-08-065-02	71	3	17
066	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-066-01	42	12	30

CAPITULO 4 RESULTADOS

			GTD01-08-066-02			
067	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-067-01	14	9	4
068	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-068-01	8	2	3
069	08. CRUDO MEZCLA	3	GTD01-08-069-01 GTD01-08-069-02 GTD01-08-069-03	135	29	63
070	08. CRUDO MEZCLA	4	GTD01-08-070-01 GTD01-08-070-02 GTD01-08-070-03 GTD01-08-070-04	135	21	50
071	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-071-01 GTD01-08-071-02	66	23	46
072	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-072-01	29	8	9
073	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-073-01	6	2	3
074	08. CRUDO MEZCLA	4	GTD01-08-074-01 GTD01-08-074-02 GTD01-08-074-03 GTD01-08-074-04	59	17	58
075	08. CRUDO MEZCLA	5	GTD01-08-075-01 GTD01-08-075-02 GTD01-08-075-03 GTD01-08-075-04 GTD01-08-075-05	118	29	32
076	08. CRUDO MEZCLA	3	GTD01-08-076-01 GTD01-08-076-02 GTD01-08-076-03	153	30	71
077	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-077-01 GTD01-08-077-02	69	22	47
078	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-078-01 GTD01-08-078-02	55	8	9
079	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-079-01	12	0	2
080	08. CRUDO MEZCLA	5	GTD01-08-080-01 GTD01-08-080-02 GTD01-08-080-03 GTD01-08-080-04 GTD01-08-080-05	167	38	43
081	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-081-01	63	25	45
082	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-082-01 GTD01-08-082-02	39	4	3
083	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-083-01	17	2	7
084	08. CRUDO MEZCLA	2	GTD01-08-084-01 GTD01-08-084-02	91	10	40
085	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-085-01	45	7	17
086	08. CRUDO MEZCLA	3	GTD01-08-086-01 GTD01-08-086-02 GTD01-08-086-03	154	8	29
087	08. CRUDO MEZCLA	4	GTD01-08-087-01 GTD01-08-087-02 GTD01-08-087-03 GTD01-08-087-04	109	8	15
088	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-088-01	21	9	7
089	08. CRUDO MEZCLA	3	GTD01-08-089-01 GTD01-08-089-02 GTD01-08-089-03	74	5	18

090	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-090-01	43	5	10
091	08. CRUDO MEZCLA	1	GTD01-08-091-01	22	11	9
092	09. CRUDO RECUPERADO	7	GTD01-09-092-01 GTD01-09-092-02 GTD01-09-092-03 GTD01-09-092-04 GTD01-09-092-05 GTD01-09-092-06 GTD01-09-092-07	54	6	31
093	09. CRUDO RECUPERADO	3	GTD01-09-093-01 GTD01-09-093-02 GTD01-09-093-03	149	10	57
094	09. CRUDO RECUPERADO	2	GTD01-09-094-01 GTD01-09-094-02	91	2	17
095	09. CRUDO RECUPERADO	1	GTD01-09-095-01	36	0	12
096	09. CRUDO RECUPERADO	2	GTD01-09-096-01 GTD01-09-096-02	57	6	21
097	09. CRUDO RECUPERADO	2	GTD01-09-097-01 GTD01-09-097-02	78	7	17
098	09. CRUDO RECUPERADO	2	GTD01-09-098-01 GTD01-09-098-02	72	1	23
099	09. CRUDO RECUPERADO	2	GTD01-09-099-01 GTD01-09-099-02	62	4	12
100	09. CRUDO RECUPERADO	2	GTD01-09-100-01 GTD01-09-100-02	96	8	39

Tabla 9. Isométricos obtenidos por unidad de control de equipos

UNIDAD DE CONTROL SIMECELE	CIRCUITO SIMECELE	No. ISOM.	NOMBRE ELECTRÓNICO
E01. CUERPO	NUEVO	1	GTD01-E01-CUERPO-01
E01. SL	NUEVO	1	GTD01-E01-SL-01
E02. CUERPO	NUEVO	1	GTD01-E02-CUERPO-01
E02. SL	NUEVO	1	GTD01-E02-SL-01
E03. CUERPO	NUEVO	1	GTD01-E03-CUERPO-01
E03. SL	NUEVO	1	GTD01-E03-SL-01
E04. BA-4	NUEVO	1	GTD01-E04-CUERPO-01
E04. SL	NUEVO	1	GTD01-E04-SL-01
ANILLO 1	E5 TV-3	1	GTD01-E5-ANILLO1-01
ANILLO 2	E5 TV-3	1	GTD01-E5-ANILLO2-01
ANILLO 3	E5 TV-3	1	GTD01-E5-ANILLO3-01
ANILLO 4	E5 TV-3	1	GTD01-E5-ANILLO4-01
ANILLO 5	E5 TV-3	1	GTD01-E5-ANILLO5-01

4.4.1. LISTA DE MATERIALES

Uno de los aspectos importantes tanto para poder indicarlo en los isométricos y principalmente para la captura de información, es la clase de material, ya que esta da las cedulas y limites de retiro indicados, para la estación de bombeo las clases presentes son las siguientes:

Tabla 10. Materiales de los cuales están hechas las tuberías de la estación de bombeo

TIPO DE SERVICIO	MATERIAL	CLASE DE MATERIAL
Crudo	ASTM A53 Gr B	T1C
Crudo	ASTM A53 Gr B	T1D

Tabla 11. Datos específicos de clase de material cargad a SIMECELE

DIAMETRO	T1C			T1D		
	CEDULA	ESPESOR	LIM. RETIRO	CEDULA	ESPESOR	LIM. RETIRO
2	40	0.159"	0.100"	80	0.218"	0.100"
3	40	0.216"	0.100"	80	0.300"	0.100"
4	40	0.237"	0.120"	80	0.337"	0.120"
6	40	0.280"	0.150"	80	0.432"	0.150"
8	30	0.277"	0.180"	80	0.500"	0.180"
10	30	0.307"	0.190"	80	0.500"	0.180"
12	ERW 0.562"	0.562"	0.190"	ERW 0.812"	0.812"	0.190"
14-16	ERW 0.688"	0.688"	0.190"	ERW 0.875"	0.875"	0.190"
18-20	ERW 0.750"	0.750"	0.190"	ERW 0.875"	0.875"	0.190"
22-24	ERW 0.750"	0.750"	0.190"	ERW 1.125"	1.125"	0.190"
26-30	ERW 1.000"	1.000"	0.203"	ERW 1.250"	1.250"	0.328"
32-38	ERW 1.125"	1.125"	0.242"	ERW 1.250"	1.250"	0.328"
40-56	ERW 1.250"	1.250"	0.328"	ERW 1.250"	1.250"	0.328"

4.5. UNIDADES DE CONTROL CAPTURADAS EN EL SIMECELE

Una vez realizados los diagramas para la medición de espesores, se realizaron los empates, con base a los expedientes proporcionados, esto conllevó a la captura de las estructuras de las unidades de control, junto con sus inspecciones. Como no todos las unidades de control contaban con antecedentes de estructuras previas o expedientes, estas se consideraron como nuevas. Para esto fue

necesario cargar previamente el licenciador, para esta estación de bombeo se asigno el T101, el cual marca las condiciones que se requieren para las clases de material que posteriormente se ingresaron al sistema, la T1C y T1D, también fue necesario cargar el personal que trabajara en las labores de inspección, la planta, el sector, y los circuitos correspondientes, una vez realizado esto se cargaron las unidades de control e inspecciones, todo siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo 3.

Con el análisis estadístico automático que realiza SIMECELE se determino que ninguna de las unidades de control tanto en líneas como equipos necesita orden de emplazamiento, y para aquellas unidades de control nueva se recomendó realizar la primera inspección en 180 días a partir del la culminación del trabajo.

Tabla 12. Unidades de control de líneas capturadas en SIMECELE con análisis de emplazamiento

CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL	ÚLTIMA FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA FECHA DE INSPECCIÓN	REQUIERE ÓRDEN DE EMPLAZAMIENTO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-030	JUN-2011	MAY-2016	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-031	DIC-2009	DIC-2014	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-032	JUN-2011	MAY-2016	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-033	ABR-2008	ABR-2013	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-034	JUN-2009	JUN-2014	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-035	NUEVA	NOV-2011	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-036	JUN-2007	MAY-2012	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-037	FEB-2007	FEB-2012	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-038	JUN-2011	MAY-2016	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-039	MAR-2008	MAR-2013	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-040	JUN-2011	MAY-2016	NO
03.Crudo Istmo	UC-GTD01-041	JUN-2011	MAY-2016	NO
04.Crudo Maya	UC-GTD01-042	MAY-2011	ABR-2016	NO
04.Crudo Maya	UC-GTD01-043	NUEVA	NOV-2011	NO
04.Crudo Maya	UC-GTD01-044	NUEVA	NOV-2011	NO
04.Crudo Maya	UC-GTD01-045	NUEVA	NOV-2011	NO
04.Crudo Maya	UC-GTD01-046	JUN-2007	MAY-2012	NO
04.Crudo Maya	UC-GTD01-047	ABR-2007	MAR-2012	NO
04.Crudo Maya	UC-GTD01-048	SEP-2007	AGO-2012	NO

CAPITULO 4 RESULTADOS

05.Crudo despuntado	UC-GTD01-049	ABR-2008	ABR-2013	NO
05.Crudo despuntado	UC-GTD01-050	NUEVA	NOV-2011	NO
05.Crudo despuntado	UC-GTD01-051	SEP-2003	SEP-2012	NO
05.Crudo despuntado	UC-GTD01-052	ENE-2003	ENE-2012	NO
06.Crudo Olmeca	UC-GTD01-053	FEB-2008	FEB-2013	NO
07.Crudo terciario	UC-GTD01-054	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-055	MAY-2009	MAY-2014	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-056	MAY-2009	MAY-2014	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-057	JUL-2008	JUL-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-058	JUL-2009	AGO-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-059	JUL-2009	AGO-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-060	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-061	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-062	ABR-2007	MAR-2012	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-063	ABR-2007	MAY-2012	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-064	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-065	FEB-2007	FEB-2012	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-066	JUN-2008	JUN-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-067	MAR-2008	MAR-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-068	MAR-2008	MAR-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-069	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-070	MAR-2010	MAR-2015	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-071	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-072	MAR-2008	MAR-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-073	MAR-2008	MAR-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-074	JUL-2009	JUL-2014	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-075	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-076	JUL-2009	JUL-2014	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-077	ABR-2004	MAY-2014	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-078	MAR-2008	MAR-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-079	MAR-2008	MAR-2013	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-080	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-081	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-082	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-083	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-084	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-085	NUEVA	NOV-2011	NO

08.Crudo mezcla	UC-GTD01-086	JUN-2011	JUN-2016	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-087	JUN-2011	MAY-2016	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-088	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-089	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-090	NUEVA	NOV-2011	NO
08.Crudo mezcla	UC-GTD01-091	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-092	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-093	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-094	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-095	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-096	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-097	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-098	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-099	NUEVA	NOV-2011	NO
09.Crudo recuperado	UC-GTD01-100	NUEVA	NOV-2011	NO

Tabla 13. Unidades de control de equipos capturadas en SIMECELE con análisis de emplazamiento

CIRCUITO EN SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL	ÚLTIMA FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA FECHA DE INSPECCIÓN	REQUIERE ÓRDEN DE EMPLAZAMIENTO
BA-1	CUERPO	--	NOV/2011	NO
BA-1	SL	--	NOV/2011	NO
BA-2	CUERPO	--	NOV/2011	NO
BA-2	SL	--	NOV/2011	NO
BA-3	CUERPO	--	NOV/2011	NO
BA-3	SL	--	NOV/2011	NO
BA-4	CUERPO	--	NOV/2011	NO
BA-4	SL	--	NOV/2011	NO
TV-101	ANILLO 1	Oct./2010	Oct/2011	NO
TV-101	ANILLO 2	Oct./2010	Oct/2011	NO
TV-101	ANILLO 3	Oct./2010	Oct/2011	NO
TV-101	ANILLO 4	Oct/2010	Oct/2011	NO
TV-101	ANILLO 5	Oct/2010	Oct/2011	NO

De esta manera se tiene 31 unidades de control de líneas y 8 de equipos consideradas como nuevas cuya primera inspección debió realizarse en noviembre de 2011, y las demás se distribuyen de la siguiente manera:

- 10 unidades de control a inspeccionar en 2012
- 14 unidades de control a inspeccionar en 2013
- 7 unidades de control a inspeccionar en 2014
- 1 unidades de control a inspeccionar en 2015
- 8 unidades de control a inspeccionar en 2016
- 5 unidades de control de equipos se debieron inspeccionar en octubre de 2011, ya que solo cuenta con una inspección realizada en octubre de 2010, y de acuerdo al análisis el sistema indica que se tiene que realizar la próxima inspección al año

La distribución se realiza de acuerdo al análisis estadístico que el sistema realiza, basándose directamente en la Vida Útil Estimada (VUE), y Velocidad De Desgaste, siendo las unidades de control 036, 037, 046, 047, 048. 051, 052, 062, 063, 065, las que presentes mayor velocidad de desgaste y menor VUE, sin acercarse al emplazamiento, ya que estas son las unidades que se tienes que inspeccionar durante 2012.

De este modo en la Estación De Bombeo De Hidrocarburos ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz, quedó completado el trabajo de implementación del Sistema De Medición Y Control De Espesores En Líneas Y Equipos (SIMECELE) herramienta practica para conllevar la administración de la integridad mecánica de las instalaciones (líneas y equipos) de la estación de bombeo

5. CONCLUSIONES

Movidos por la inquietud de tener un control adecuado y sistemático de la integridad mecánica de los centros de trabajo, para el caso del presente trabajo una estación de bombeo, entendiendo primeramente como integridad mecánica, las condiciones optimas de tuberías, accesorios y equipos dentro de la estación cuando estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos en normas internacionales, esto con base a la medición preventiva de espesores.

Por tal motivo se ha desarrollado una metodología para la satisfactoria implementación de un sistema para tener una adecuada administración de la integridad mecánica en las instalaciones.

El Sistema De Medición Y Control De Espesores En Líneas Y Equipos (SIMECELE), es esta herramienta para llevar a cabo una administración dinámica y funcional, ya que se sustenta en los principios de operación y manejo de la medición preventiva de espesores por vía ultrasónica, con este sistema operando dentro de las instalaciones de una estación de bombeo el trabajo de los inspectores se minimiza y agiliza, pues se suprime el uso de n formatos para llevar a cabo el registro, y lo mas benéfico de este sistema, es el ahorro de un valioso tiempo perdido, al realizar el tedioso análisis estadístico, puesto que el SIMECELE, proporciona estos datos en automático, dando una prioridad importante a la toma de decisiones tanto de los inspectores como de los ingenieros de seguridad a cargo de la estación de bombeo.

El desarrollar una metodología de implementación para este sistema fue básicamente, fácil y dinámico, pues al tratarse de una estación de bombeo, este es un centro de trabajo relativamente pequeño a comparación de otros, además de que se conto con el apoyo por parte del personal que labora en la estación.

SIMECELE mediante su metodología de implementación logra agilizar y acelerar el proceso de la medición preventiva de espesores, puesto que dentro de la estación de bombeo:

- Se actualizó la información ya que se realizaron nuevos Diagramas Técnicos De Inspección (isométricos), en donde se determinaron los niveles de tubería, tornillería y niplería, los cuales fueron capturados en el sistema junto con las inspecciones con las que se contaban, y son la base con los que se realizaran las próximas inspecciones.
- El sistema determina que ninguna de las unidades de control requiere orden de emplazamiento, debido a que el análisis hecho automáticamente por el sistema, determinó que no se tiene valores de Vida Útil Estimada (VUE) menores a los 1.5 años.

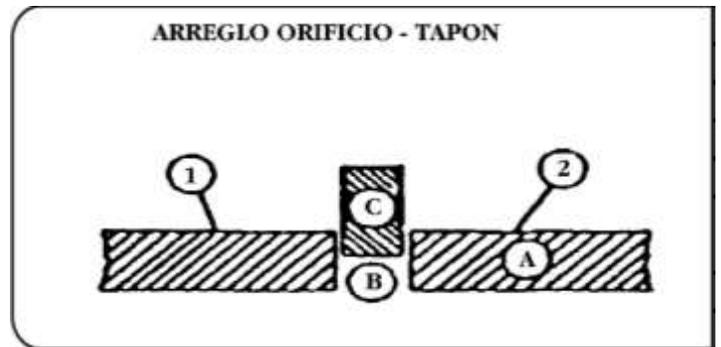
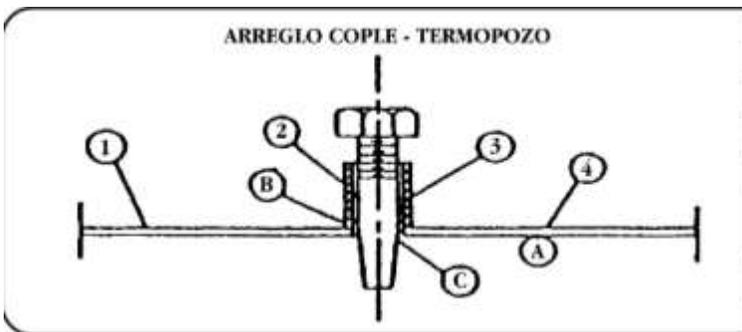
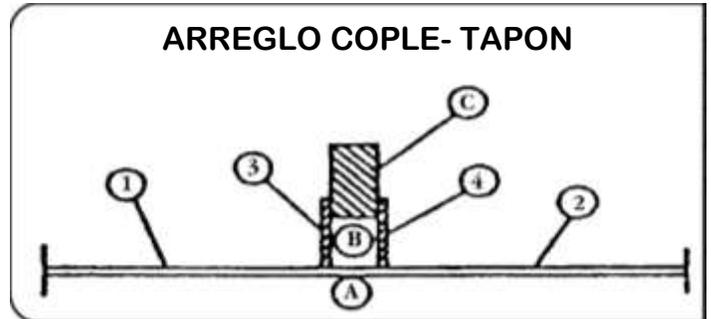
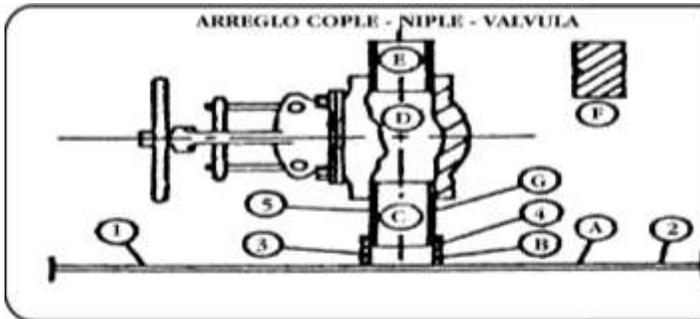
Para la futura realización de inspecciones

- El tiempo en que se realiza el trabajo de medición de espesores, desde obtener los datos que se capturaran en el sistema hasta el arrojado de resultados es considerablemente menor.
- Al terminar de capturar los datos de la medición dentro del sistema, se obtendrán los valores de velocidad de desgaste, VUE, Fecha de Próxima Inspección, por lo que se realizaran reportes de manera instantánea, contribuyendo a una rápida toma de decisiones.
- Se minimiza error humano en cuanto al cálculo, ya que la programación del sistema realiza el análisis estadístico de manera precisa.
- Se tendrá la información disponible y será de fácil acceso, ya que cualquier ingeniero a cargo o especialista de seguridad, podrá consultar la información de manera fácil y precisa, y en cuestión de unos pocos minutos.
- Mediante el resultado de Fechas De Próxima Inspección, se podrá tener una estructura y distribución en cuanto a la calendarización de próximas inspecciones
- Se logró homogenizar el manejo de la información con los de más centros que se rigen bajo los mismos criterios en cuanto al análisis de espesores y mismas operaciones de trabajo.

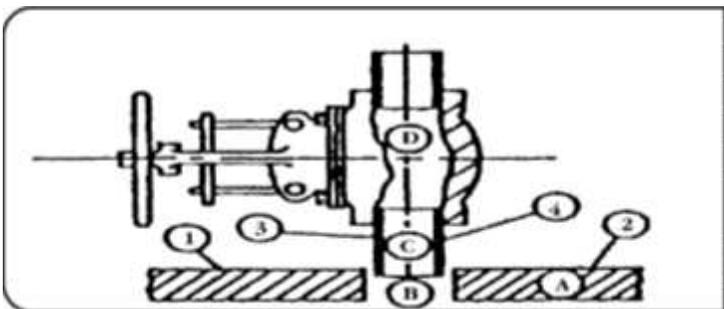
Si se tiene la pregunta de cómo podría un sistema como SIMECELE ser una herramienta fundamental en la administración de la integridad mecánica, podemos hacer memoria de los incidentes ocurridos relacionados con instalaciones petroleras en el país, como el incendio en la estación de bombeo Mazumiapan, en diciembre de 2004, la explosión en refinería de Cadereyta en septiembre de 2010, y más recientemente la explosión en la refinería de tula y la explosión de un ducto en San Martin Texmelucan, y contribuir en la prevención de incidentes catastróficos de este tipo es el objetivo fundamental de tener una herramienta que administre la integridad mecánica. Pues contar con un sistema que indique los periodos de tiempo de una inspección a otra basándose en la velocidad de desgaste, y que determine el cuándo hay que cambiar y reemplazar una sección de tubería, hace que se mimase el riesgo por error humano, y principalmente en el proceso de operación de la estación.

ANEXOS

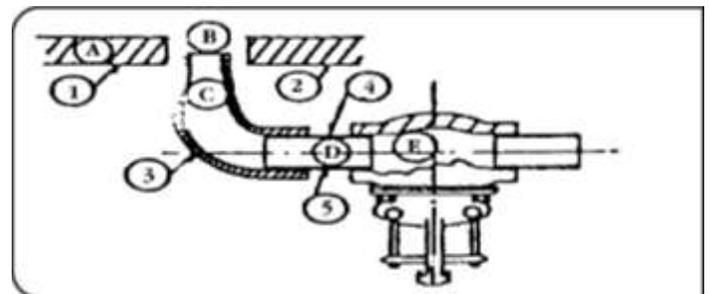
ARREGLOS BASICOS DE NIPLERIA



ARREGLO ORIFICIO-NIPLA-VALVULA



ARREGLO ORIFICIO-CODO DE COLA-NIPLA - VALVULA TAPON



PÚNTOS DE MEDICION EN TUBERIAS, TEE'S, CODOS Y CODOS OBSTRUIDOS

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

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

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

Isometrico de líneas de la unidad de control 032

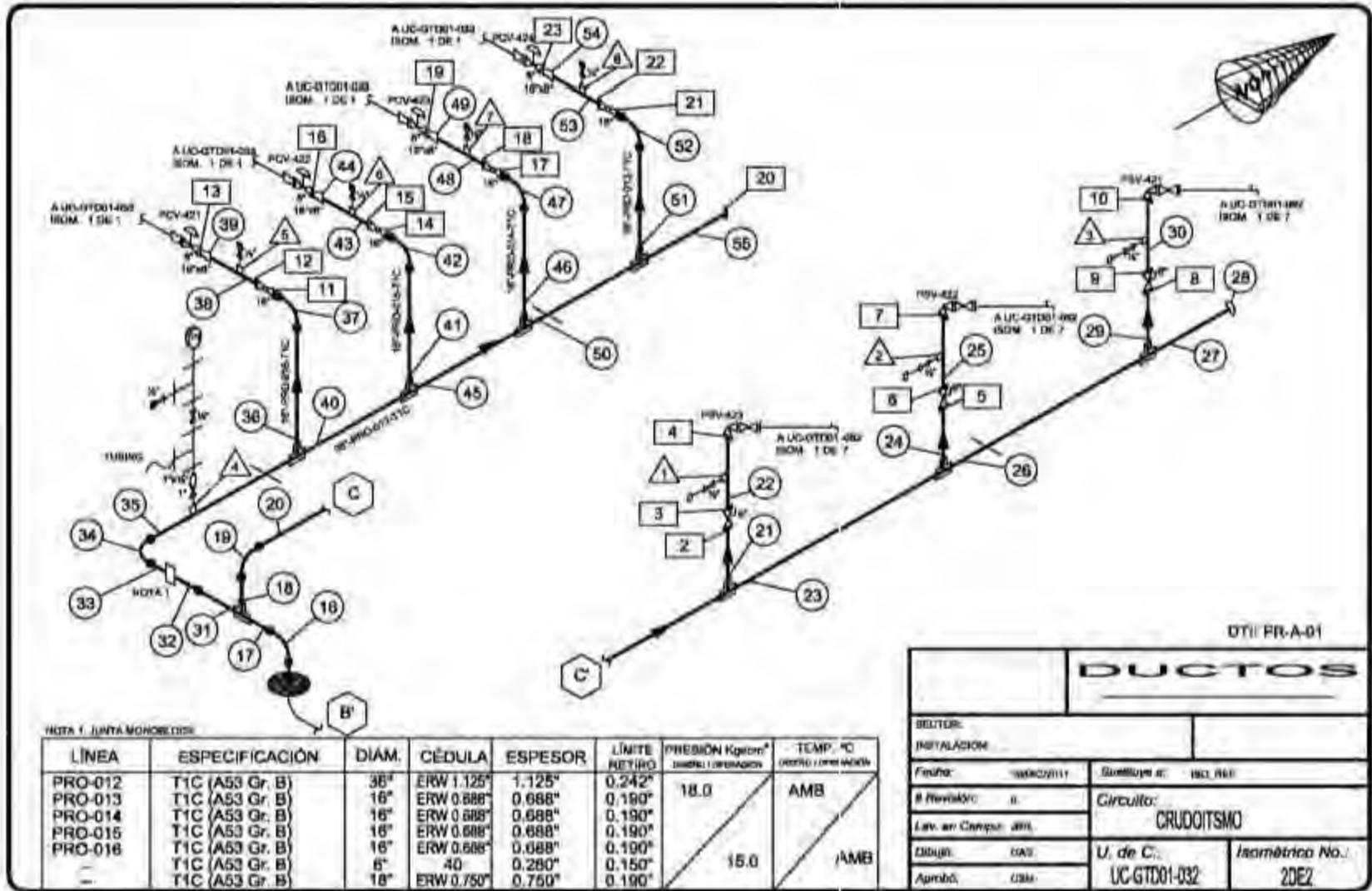


TABLA DE REFERENCIA PARA ESPECIFICACION DE MATERIALES

PETROLEOS MEXICANOS		ESPECIFICACIONES GENERALES		N O R M A No.
G E R E N C I A D E		Requisitos generales de		1-101
P R O Y E C T O S Y C O N S T R U C C I O N		diseño para tubería de-		Rev: []
M E X I C O , D . F .		proceso y servicios au-		Página: 115
		xiliares.		
<u>ESPECIE.</u>	<u>CLASE</u>	<u>CARA</u>	<u>S E R V I C I O</u>	
T1C	300 # U.S.A.S. Acero - al car- bón.	CR	Hidrocarburos líquidos no corrosivos o ligera- mente corrosivos, vapo- res, gas natural, gas- combustible, combustó- leo, gases inertes, so- lución de amoníaco, so- lución de aminas, aire de proceso. Vapor, con- densado, agua de proce- so y de alimentación a calderas.	
T2C	300 # U.S.A.S. Acero de aleación. 4-6 % Cr. $\frac{1}{2}$ % Mo.	CR	Hidrocarburos pesados, líquidos, con elevado- índice de corrosión -- por azufre.	
T3C	300 # U.S.A.S. Acero al carbón.	CR	Amoníaco, vapor y lí- quido.	
T4C	300 # U.S.A.S. Acero al carbón.	CR	Estireno (monómero) y- butadieno.	
T1D	600 # U.S.A.S. Acero al carbón.	CR	Hidrocarburos líquidos no corrosivos o ligera- mente corrosivos, vapo- res, gas natural, gas- combustible, combustó- leo, gases inertes, so- lución de álcalis, so- lución de aminas, agua	

6. BIBLIOGRAFIA

- ¹ Sector e industria eléctricos/ boletín IIE, mayo-junio 1988 www.iie.org.mx/publica/bolmj98/secmj98.htm fecha de consulta: 24/01/12
- ² UTN Santa fe www.frsf.utm.edu.ar/apunte.php fecha de consulta: 24/01/12
- ³ Diseño, Construcción, Inspección Y Mantenimiento De Ductos Terrestres Para Transporte Y Recolección De Hidrocarburos NRF-030-PEMEX-2009
- ⁴ COSMOCAX-<http://www.cosmocax.com/%C2%BFque-es-la-corrosion-fundamentos7-> fecha de consulta: 28/01/12
- ⁵ Diseño, Construcción, Inspección Y Mantenimiento De Ductos Terrestres Para Transporte Y Recolección De Hidrocarburos NRF-030-PEMEX-2009
- ⁶ Operaciones del transporte de hidrocarburos líquidos por ducto- “monitorear presiones, flujos, comunicaciones y mantener las condiciones operativas dentro de los límites permisibles- <http://ref.sud.pemex.com> fecha de consulta: 19/01/2012
- ⁷ Revista de divulgación de la universidad veracruzana -Corrosión: fenómeno natural, visible y catastrófico *Ricardo Orozco Cruz* www.uv.mx/cienciahombre/.../corrosión/.html fecha de consulta 28/01/12
- ⁸ Revista de divulgación de la universidad veracruzana -Corrosión: fenómeno natural, visible y catastrófico *Ricardo Orozco Cruz* www.uv.mx/cienciahombre/.../corrosión/.html fecha de consulta 28/01/12
- ⁹ Protección Con Recubrimientos Anticorrosivos A Instalaciones Superficiales De Ductos NRF-004-PEMEX-2003
- ¹⁰ Samuel Rico Coria, Integridad mecánica y aseguramiento de la calidad, PEMEX
- ¹¹ *Reliability and risk maganamegent – integridad mecanica*-www.reliarisk.com/nuevo/index.php fecha de consulta 29/01/12
- ¹² *Reliability and risk maganamegent – integridad mecanica*-www.reliarisk.com/nuevo/index.php fecha de consulta 29/01/12
- ¹³ Operaciones del transporte de líquidos por ducto- “Hidráulica Básica”- <http://ref.sud.pemex.com> fecha de consulta: 19/01/2012
- ¹⁴ Operaciones del transporte de líquidos por ducto- “Hidráulica Básica”- <http://ref.sud.pemex.com> fecha de consulta: 19/01/2012
- ¹⁵ Operaciones del transporte de líquidos por ducto- “Hidráulica Básica”- <http://ref.sud.pemex.com> fecha de consulta: 19/01/2012
- ¹⁶ Tubería de acero para Recolección y transporte de Hidrocarburos NRF-001-PEMEX-2007
- ¹⁷ Conexiones Y Accesorios Para Ductos De Recolección Y Transporte De Hidrocarburos NRF-096-PEMEX-2010
- ¹⁸ Operaciones del transporte de líquidos por ducto- “Hidráulica Básica”- <http://ref.sud.pemex.com> fecha de consulta: 19/01/2012
- ¹⁹ Trampas De Diablos Para Líneas De Conducción Terrestres NRF-221-PEMEX-2009
- ²⁰ Medición Ultrasónica Para Hidrocarburos Fase Líquida NRF-240-PEMEX-2009
- ²¹ Bombas Centrifugas NRF-050-PEMEX-2007
- ²² Diseño De Tanques Atmosféricos NRF-113-PEMEX-2007
- ²³ Procedimiento Para El Registro, Análisis Y Programación De La Medición Preventiva De Espesores DG-GPASI-IT-00204
- ²⁴ *ESPEISA SA DE CV. – Pruebas no destructivas/inspección de materiales*-www.espeisa.com/page27.php fecha de consulta 18/02/2012
- ²⁵ Procedimiento Para Efectuar La Inspección De Tuberías De Proceso Y Servicios Auxiliares En Operación De Las Instalaciones De Pemex Refinación. GPASI-IT-0209
- ²⁶ Procedimiento De Revisión De Niplería De Plantas En Operación GPEI-IT-0201
- ²⁷ Procedimiento Para Efectuar La Revisión De La Tornillería De Tuberías Y Equipos En Las Instalaciones En Operación De Pemex Refinación DG-GPASI-IT-0903
- ²⁸ DG-GPASI-IT-0903(Ver referencia 27)
- ²⁹ DG-GPASI-IT-00204(Ver referencia 23)
- ³⁰ DG-GPASI-IT-00204(Ver referencia 23)
- ³¹ DG-GPASI-IT-00204(Ver referencia 23)