



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**“DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE UN  
ÍNDICE DE COMPLEJIDAD DE INSPECCIÓN (ICI) PARA EQUIPOS DE  
PROCESOS EN PLANTAS DE REFINACIÓN”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA**

**DAVID RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ**



**MÉXICO, D.F.**

**AÑO 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:**           **Profesor: José Antonio Ortiz Ramírez**

**VOCAL:**                   **Profesor: José Agustín Texta Mena**

**SECRETARIO:**       **Profesor: Modesto Javier Cruz Gómez**

**1er. SUPLENTE:**       **Profesor: Joaquín Rodríguez Torreblanca**

**2° SUPLENTE:**       **Profesor: Ezequiel Millán Velasco**

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**TORRE DE INGENIERÍA, UNAM**

**ASESOR DEL TEMA:**

**Dr. Modesto Javier Cruz Gómez**

**SUPERVISOR TÉCNICO:**

**Ing. Julio César Velasco Martínez**

**SUSTENTANTE:**

**David Rodríguez Hernández**

## Índice General

<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introducción al tema .....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	3
1.3 Objetivos .....	4
<b>2. Marco Teórico</b> .....	<b>5</b>
2.1 Seguridad de procesos e importancia de los trabajos de inspección .....	6
2.2 Trabajos de inspección realizada en equipos de proceso .....	8
2.2.1 Inspección basada en estado .....	8
2.2.1.1 Inspección visual interna .....	9
2.2.1.2 Medición de espesores .....	9
2.2.1.2.1 Niveles de medición .....	10
2.2.1.2.2 Cálculo de posiciones o puntos de medición .....	10
2.2.1.2.3 Posiciones o puntos de calibración en arreglos de niplería ...	12
2.2.1.2.4 Criterios para definir unidades de control .....	12
2.2.1.2.5 Criterios generales para colocar niveles de medición en equipos de proceso .....	15
2.2.1.3 Inspección visual externa .....	22
2.2.1.3.1 Equipos de proceso clase 1 .....	23
2.2.1.3.2 Equipos de proceso clase 2 .....	24

2.2.1.3.3	Equipos de proceso clase 3 .....	24
2.2.1.3.4	Períodos de inspección .....	25
2.2.1.4	Inspección visual suplementaria .....	28
2.2.1.5	Revisión de niplería .....	28
2.2.1.6	Revisión de tornillería .....	31
2.2.2	Inspección basada en riesgo .....	34
2.3	Administración de los trabajos de inspección.....	36
<b>3.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>41</b>
3.1	Descripción general de la metodología .....	42
3.2	Definición de caso(s) de ejemplo (descripción y datos) .....	43
3.3	Definición de trabajos de inspección realizados (requisitos de inspección) .....	48
3.3.1	Complejidad por cantidad de trabajo .....	49
3.3.2	Complejidad por trabajo en altura.....	50
3.3.3	Complejidad por operación de la planta .....	52
3.3.4	Complejidad por equipo de protección personal.....	53
3.3.4.2	Equipo de protección personal tipo 1 .....	54
3.3.4.3	Equipo de protección personal tipo 2 .....	54
3.3.4.4	Equipo de protección personal tipo 3 .....	55
3.3.5	Complejidad por trabajo en espacio confinado .....	55

3.3. Desarrollo de la propuesta de metodología de evaluación .....	56
3.4. Desarrollo de una propuesta de un plan de implementación para todos los equipos de la planta .....	62
3.5. Reactor de hidrodesulfuración (C-2) .....	65
3.6. Tanque separador de productos de carga a desbutanizadora (C-4) .....	67
3.7. Torre dehexanizadora (C-7) .....	69
3.8. Tanque acumulador de reflujo de torre desbutanizadora (C-6) .....	71
3.9. Condensador de torre desbutanizadora (E-3) .....	73
<b>4. Conclusiones .....</b>	<b>75</b>
4.1. Trabajos a futuro .....	78
<b>Bibliografía .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>82</b>

## Índice de tablas

Tabla	Nombre de la tabla	Página
1	Número de puntos de medición	11
2	Niveles de medición de espesores en cambiadores de calor	16
3	Niveles de medición de espesores en columnas de destilación	18
4	Niveles de medición de espesores en recipientes sujetos a presión	20
5	Intervalos de inspección recomendados por clase	26
6	Periodos de revisión de tornillería.	32
7	Tipo de complejidad con abreviatura	56,57,58
8	Desarrollo de casos posibles	66
9	Índice de complejidad de C-2	68
10	Índice de complejidad de C-4	70
11	Índice de complejidad de C-7	72
12	Índice de complejidad de C-6	74

## Índice de Figuras

Tabla	Nombre de la figura	Página
1	Unidades de control de un cambiador de calor de haz de tubos	13
2	Unidades de control de una torre de destilación	14
3	Unidades de control de un recipiente horizontal	15
4	Niveles de medición de espesores en cambiador de calor	17
5	Niveles de medición de espesores en columnas.	19
6	Niveles de medición de espesores en recipientes sujetos a presión	21
7	Arreglo cople- niple- válvula	28
8	Arreglo cople-tapón	29
9	Arreglo cople-termopozo	29
10	Arreglo orificio-niple-válvula	29
11	Arreglo orificio-tapón	30
12	Diagrama simplificado del proceso de hidrodesulfuración de naftas	46
13	Secuencia para generar el ICI	64
14	(C-2) Reactor de hidrodesulfuración	65
15	(C-4) Tanque separador de productos de carga a desbutanizadora	67
16	(C-7) Torre dehexanizadora	69
17	(C-6) Tanque acumulador de reflujo de torre desbutanizadora	71
18	(E-3) Condensador de torre desbutanizadora	73



# INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Introducción al tema

Uno de los elementos de la seguridad industrial de una instalación la cual realice procesos industriales es la integridad mecánica de sus líneas y equipos de proceso, la cual garantiza que al inspeccionarlos, se podrán prevenir fallas y con esto accidentes con daños a personas, instalaciones y/o al ambiente. Una de las formas utilizadas en la evaluación de la integridad mecánica de una instalación es a partir de trabajos de inspección técnica.

La inspección técnica en equipos se refiere al conjunto de actividades realizadas para garantizar que un equipo de proceso pueda continuar funcionando en condiciones seguras. A través de los resultados obtenidos de la inspección técnica se pueden generar los planes de mantenimiento y próxima inspección por equipo y/o líneas, asegurando de esta manera la continuidad del proceso, la reducción de los impactos por fallas operacionales, los peligros y accidentes en planta.

Una de las pruebas de inspección técnica más importante que se realizan en los centros de trabajo de PEMEX es la medición preventiva de espesores. La medición de espesores es un tipo de prueba de inspección, clasificada como no destructiva que se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) mediante sensores o transductores acústicamente acoplados en la superficie de los materiales. Se usa para determinar los espesores de las placas del equipo; en caso de encontrar una falla o desgaste se recurre a su pronta reparación.

La planeación de trabajos de inspección es uno de los puntos más importantes a considerar para mantener adecuadamente administrada la integridad mecánica de la

---

instalación. Muchas veces, esta planeación se complica por falta de información o desconocimiento de la misma, resultando así en planes de inspección que no necesariamente reflejarán el estado de la integridad mecánica de la instalación. Una previa revisión de la información de condiciones necesarias para el trabajo de inspección puede llevar a mejorar la planeación de la misma.

Otra forma de mejorar la programación y planeación de los trabajos de inspección técnica se puede basar en la generación de un indicador que resuma el grado de complejidad de los trabajos de inspección a realizar sobre alguna sección o equipo de una planta de proceso, de esta forma, los trabajos que requieran mayor complejidad se podrán planear con mayor tiempo de anticipación y aquellos que requieran menos podrán ser detectados como oportunidades de inspección en paros de emergencia.

En este trabajo se propone una metodología para la determinación de un índice que representa la complejidad de un trabajo de inspección a partir de información de inspección técnica para los equipos una planta Hidrodesulfuradora de Naftas como parte de los procesos de refinación de petróleo.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Las pruebas de inspección técnica constituye una parte muy importante en la industria para conservar y garantizar el buen funcionamiento de una planta de procesos de transformación, como puede ser la refinación de petróleo; pero esta actividad en algunas ocasiones suele ser problemática debido a que no se toman en cuenta con anticipación todas las herramientas necesarias (como grúas o equipos de protección

---

especial) para realizar dicha actividad lo cual complica su adecuada planeación y control.

La metodología propuesta muestra una forma en la que es posible generar un índice que englobe los principales aspectos necesarios para la planeación del trabajo de inspección de medición preventiva de espesores como se solicita bajo el marco normativo de PEMEX Refinación en la norma DG-SASIPA-IT-204 <sup>[2]</sup> Rev. 7 en equipos de proceso, lo cual podría ayudar de una manera efectiva en la adecuada ejecución de la tarea de medición de espesores; impactando en una mejor administración al crear la programación de las fechas para realizar la inspección en equipos.

### **1.3. Objetivos**

- a) Crear una propuesta de caracterización de un Índice de Complejidad de Inspección (ICI) para la medición preventiva de espesores en equipos de proceso a partir de:
  - i. Definir las variables que intervienen en dicha caracterización.
  - ii. Crear una metodología de evaluación para caracterizar el ICI para equipos de proceso.
- b) Ejemplificar la determinación del ICI en equipos de proceso (caso(s) específico)
- c) Proponer un plan de implementación del ICI para una planta de proceso y evaluar factibilidad.

# MARCO TEÓRICO

---

## **2.1. Seguridad de procesos e importancia de los trabajos de inspección**

Las industrias químicas y energéticas están expuestas a tener accidentes durante la operación de la misma, para ellos se desarrollan manuales operativos, normas, procedimientos, etc. Con el objetivo de disminuir los problemas operacionales y disminuir el riesgo de accidentes.

Uno de los factores que afectan directamente a la generación de conflictos en la planta, es la falta de mantenimiento en los equipos y tuberías. Para evitar este tipo de conflictos, existe la medición de espesores que es un trabajo de inspección que ayudan a predecir cuándo requiero darle mantenimiento a un tramo o sección de mi equipo o tubería y de esta forma asegurar la integridad física del equipo o tubería en las instalaciones.

La importancia de la medición preventiva de espesores, como prueba no destructiva, es que nos ayuda en la determinación de la información como fecha próxima de medición, fecha de retiro probable y vida útil estimada que es la información necesaria para la toma de decisiones como la planeación de trabajos de inspección técnica y mantenimiento; por lo tanto, el mejorar las prácticas de administración sobre este trabajo, nos puede ayudar a mejorar la planeación en general de todos los trabajos de inspección técnica.

La medición de espesores se usa para determinar los espesores de las placas del equipo o tubería. Esta prueba es de suma importancia en una planta de trabajo industrial, ya que con esta actividad se pueden garantizar si el equipo de proceso utilizado en el mismo, se encuentra en condiciones de operación seguras.

---

Los pasos y requerimientos necesarios para realizar correctamente la inspección de espesores, se encuentran establecidos en la norma DG-SASIPA-IT-204 <sup>[2]</sup> que es una de las normas de aplicación obligatoria dentro de los centros de trabajo de PEMEX refinación y la cual está fundamentada en prácticas descritas en API-510 <sup>[16]</sup>, API-570 <sup>[5]</sup> y API-653 <sup>[17]</sup>.

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

La aplicación de la misma es de esta actividad es aplicable para:

- Equipos que manejan o transportan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas.
- Tanques y recipientes que almacenan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas.

Las excepciones a la aplicación de la actividad medición de espesores, son aquellos equipos, que por sus características no pueden sujetarse a programas de medición de espesores independientes de sus fechas de reparación, tales como:

- Haces de tubos de cambiadores de calor y tubería de enfriadores con aire.
- Accesorios internos de recipientes, tales como: platos de torres de destilación, serpentines, etc.

---

Existen varios métodos para realizar la actividad de medición de espesores, en este trabajo sólo se hará énfasis en la medición de espesores realizada por ultrasonido, esto por es uno de los trabajos principales para la planeación y por otro lado, por los alcances de este proyecto.

## **2.2. Trabajos de inspección realizados en equipos de proceso**

Los trabajos de inspección en equipos de proceso apropiados van a depender de las circunstancias y del tipo de equipo.

Basados en la DG-SASIPA-IT-00204 <sup>[2]</sup> la inspección en bombas, compresores y calderas dependerá de cada centro de trabajo por esta razón durante la metodología no se tomaran en cuenta estos equipos.

### **2.2.1. Inspección basada en estado**

La inspección basada en estado utiliza mediciones cualitativas basadas en el estado actual del equipo, por este motivo indica la condición del equipo en el momento de la inspección. Es una manera de evaluar si el equipo de proceso se encuentra en condiciones para seguir operando o en su defecto si se requiere sustituir una pieza del conjunto que lo integran.

Los resultados de este tipo de inspección determinan los periodos de futuras inspecciones y te dan un aproximado del tiempo de vida útil del equipo de proceso así como también el tiempo límite que se tiene en dado caso que se requiera cambiar una pieza del equipo.



---

Algunos ejemplos de inspección basada en estado son la inspección visual interna, externa o la medición preventiva de espesores, las cuales se mencionan a continuación.

#### **2.2.1.1. Inspección visual interna**

Se utiliza este método cuando sea posible y práctico, consiste en revisar la condición interna del equipo y reportar algún tipo de grieta, desgastes puntuales debido a algún tipo de corrosión, serpentines internos dañados, etc.

#### **2.2.1.2. Medición de Espesores**

La inspección basada mediante la medición de espesores de pared se utiliza para determinar la condición interna y el espesor remanente de los componentes de un equipo de proceso. Las mediciones de espesores pueden ser tomadas cuando el equipo de proceso se encuentra en operación o fuera de operación.

Para la medición de espesores se aplica la guía DG-SASIPA-IT-00204 <sup>[2]</sup> para el registro, análisis y programación de la calibración preventiva.

Para realizar la medición de espesores se requiere utilizar limas bastarda, acoplante (grasa, glicerina, agua o aceite), equipo de ultrasonido, transductor y cable coaxial y el equipo de seguridad correspondiente a las condiciones de que se vaya a realizar la actividad.

---

### **2.2.1.2.1. Niveles de medición**

Antes de mencionar donde se ubican los niveles de medición y con el fin de normalizar el lenguaje utilizado y evitar confusiones, se hacen las siguientes definiciones de los conceptos que se manejarán de acuerdo a la DG-SASIPA-IT-00204 <sup>[2]</sup>.

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

**Equipos.-** Son todos aquellos dispositivos (recipientes, cambiadores, tanques de almacenamiento, bombas, etc.) que conjuntamente con las líneas integran los circuitos.

**Unidad de control.-** Se define como secciones de circuito que tiene una velocidad de corrosión más o menos homogénea tal como de 0 a 8 mpa, de 8 a 15 mpa, de 15>mpa.

**Posición o punto de medición.-** Es el lugar en donde se mide el espesor de pared.

**Nivel de medición.-** Es el conjunto de posiciones de medición de espesores de pared que se deben efectuar en un mismo sitio de una tubería o equipo, por ejemplo, las cuatro mediciones que se hacen en una tubería, las mediciones que se hacen en un recipiente o cambiador alrededor de una boquilla (4 o más), etc.

### **2.2.1.2.2. Cálculo de posiciones o puntos de medición**

Para el cálculo de posiciones en un equipo que tiene forma cilíndrica va a depender del diámetro del equipo.

Con el diámetro se puede calcular el perímetro y utilizando la tabla 1 se pueden calcular los puntos tangenciales de medición que existen en un equipo.

Si el equipo completo o alguna de sus secciones tiene Cladding, donde éste exista, los puntos de medición por nivel deben ser la mitad de los correspondientes al diámetro, de acuerdo con la tabla 1, pero en ningún caso menor de 4 puntos.

En las secciones cónicas se deben tomar los puntos de medición de espesor correspondientes al diámetro mayor de dicha sección.

Tabla 1. Número de puntos de medición

<b>Perímetro</b>				
<b>Desde</b>		<b>Hasta</b>		<b>Puntos por nivel</b>
<b>cm</b>	<b>plg</b>	<b>cm</b>	<b>Plg</b>	
Menor	Menor	300	118	4
301	118.5	400	157	6
401	158	600	238	8
601	237	800	315	12
801	315.5	1200	472	16
1201	473	Mayor	Mayor	24

---

### **2.2.1.2.3. Posiciones o puntos de calibración en arreglos de niplería**

Los puntos de calibración en los arreglos de niplería de acuerdo al procedimiento GPI-IT-4200 <sup>[3]</sup> para ubicar los puntos de medición, son 2 puntos sobre la línea o equipo a 1 pulgada del cople o de la pieza macho roscada dentro del orificio, 2 puntos en el cople (opuestos en el sentido del flujo) y 2 puntos en el niple (opuestos en el sentido del flujo). Los 2 puntos sobre la línea o equipo junto al cople o pieza macho roscada dentro del orificio, son necesarias, ya que nos dan una idea del desgaste que hay en la base soldada del cople donde podemos tener un desgaste acentuado por la erosión que nos causa la turbulencia del fluido (ver figura 7).

### **2.2.1.2.4. Criterios para definir unidades de control**

Los equipos son todos aquellos dispositivos (recipientes, cambiadores de calor, bombas, tanques de almacenamiento, etc.) que conjuntamente con las líneas integran los circuitos. Cabe hacer notar que por lo general, se encuentran sujetos a corrosión variable, por lo que las unidades de control en este caso pueden ser equipos enteros o partes de los mismos que presenten similares condiciones de corrosión. Como reglas generales para seccionar los equipos en unidades de control, considerar los siguientes criterios:

Cuando en un recipiente, las velocidades de desgaste se puedan considerar homogéneas, o bien, éstas sean menores de 15 milésimas de pulgada por año (mpa), se debe considerar como una unidad de control el recipiente entero.

En cambiadores de calor de haz de tubos, se considera dos unidades de control, cuerpo y carrete como se muestra en la figura 1, por manejar fluidos de composición

---

diferente. Sin embargo, para fines prácticos de dibujo y de identificación de unidades de control, el haz de tubos se indicará como carrete y la carcasa como cuerpo.

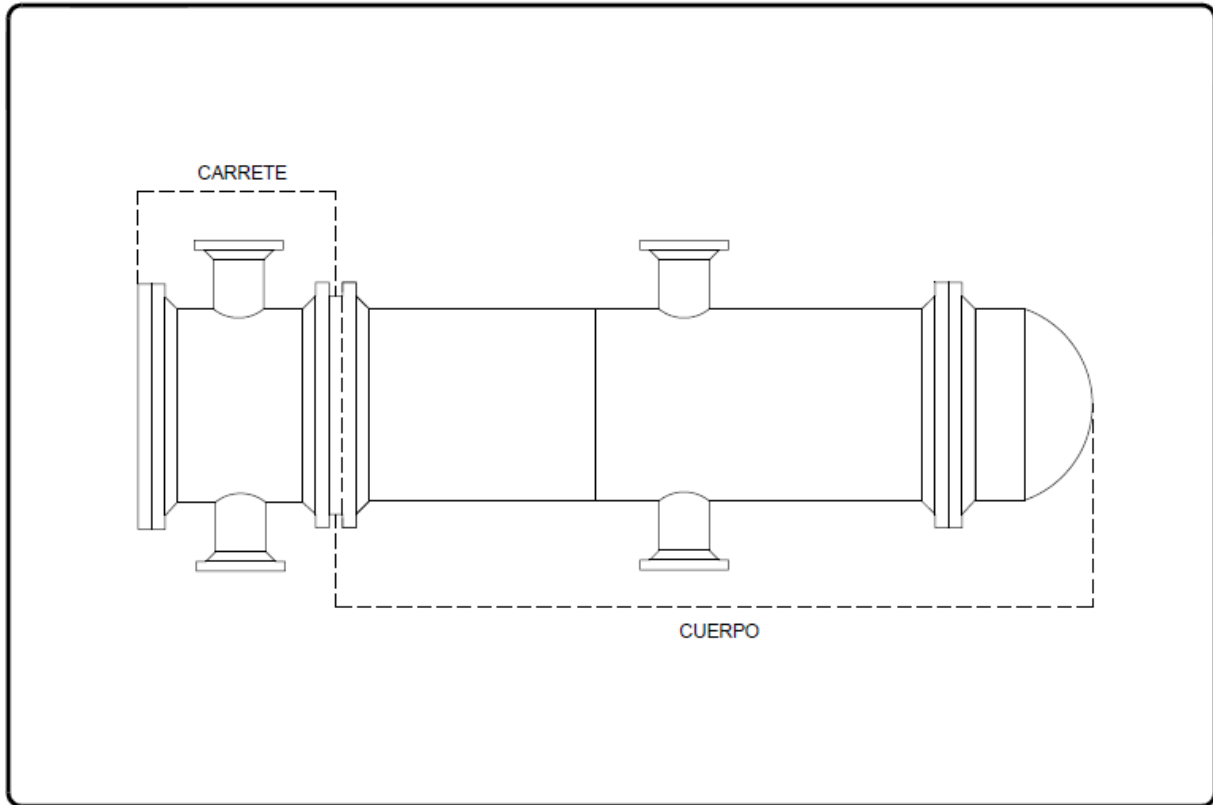


Figura 1. Unidades de control de un cambiador de calor de haz de tubos

En torres de destilación deben seccionarse, en tantos tramos como sea necesario para tener unidades de control con velocidades de corrosión homogéneas. Por ejemplo, en torres de destilación primaria, se considera la sección del fondo, la de entrada de carga, la de extracción, la de agotamiento y la del domo, como se muestra en la figura 2.

En general, para dividir una torre en unidades de control se toman los siguientes criterios:

---

Partir de 5 unidades de control: Domo, extracción, alimentación, agotamiento y fondo.

- Basándose en los cortes de la torre
- Criterio del ingeniero a cargo

Los recipientes y torres con recubrimiento interior anticorrosivo (*lining, clad u overlay, pinturas, refractarios, etc.*) considerarlas como una sola unidad de control. Cuando éste recubrimiento sea parcial, tomar dos unidades de control: zona protegida y zona sin protección.

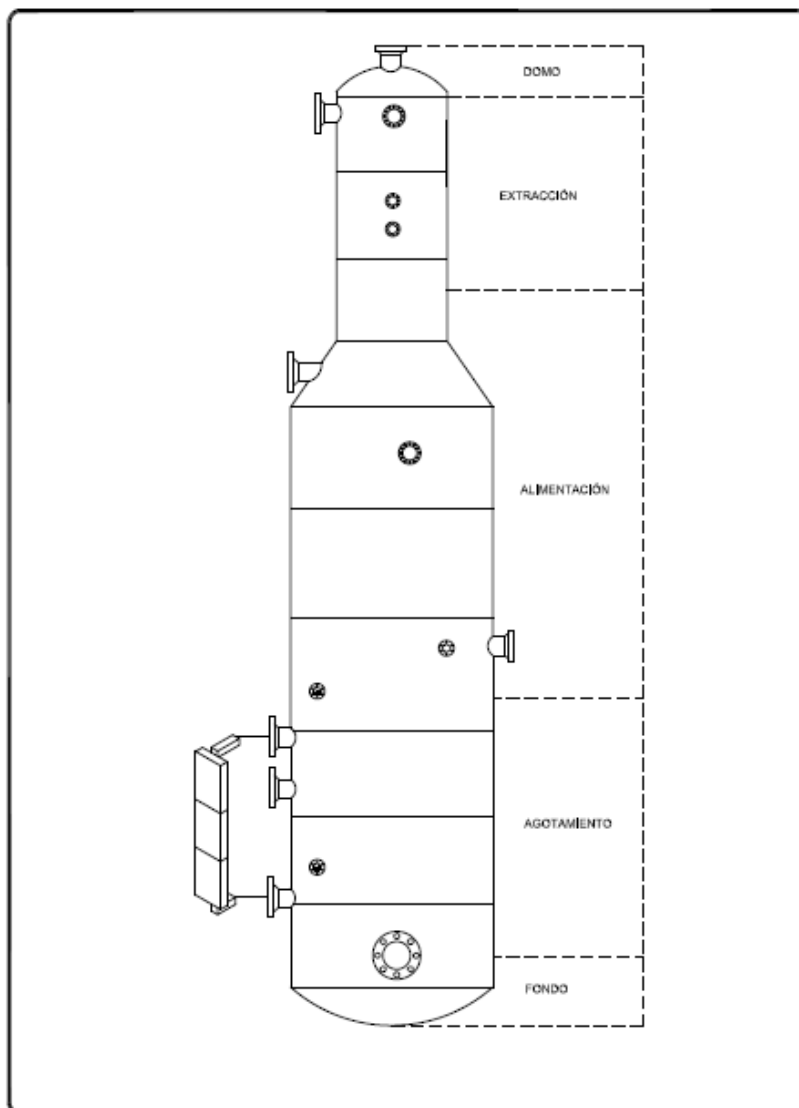


Figura 2. Unidades de control de una torre de destilación.

---

Puede haber recipientes horizontales o verticales con zonas donde se concentra la corrosión, por ejemplo: acumuladores donde hay zona líquida y zona de vapores, o bien, interfase donde por la elevada velocidad de desgaste en una de ellas, conviene dividir en varias unidades de control el equipo, como se observa en la figura 3.

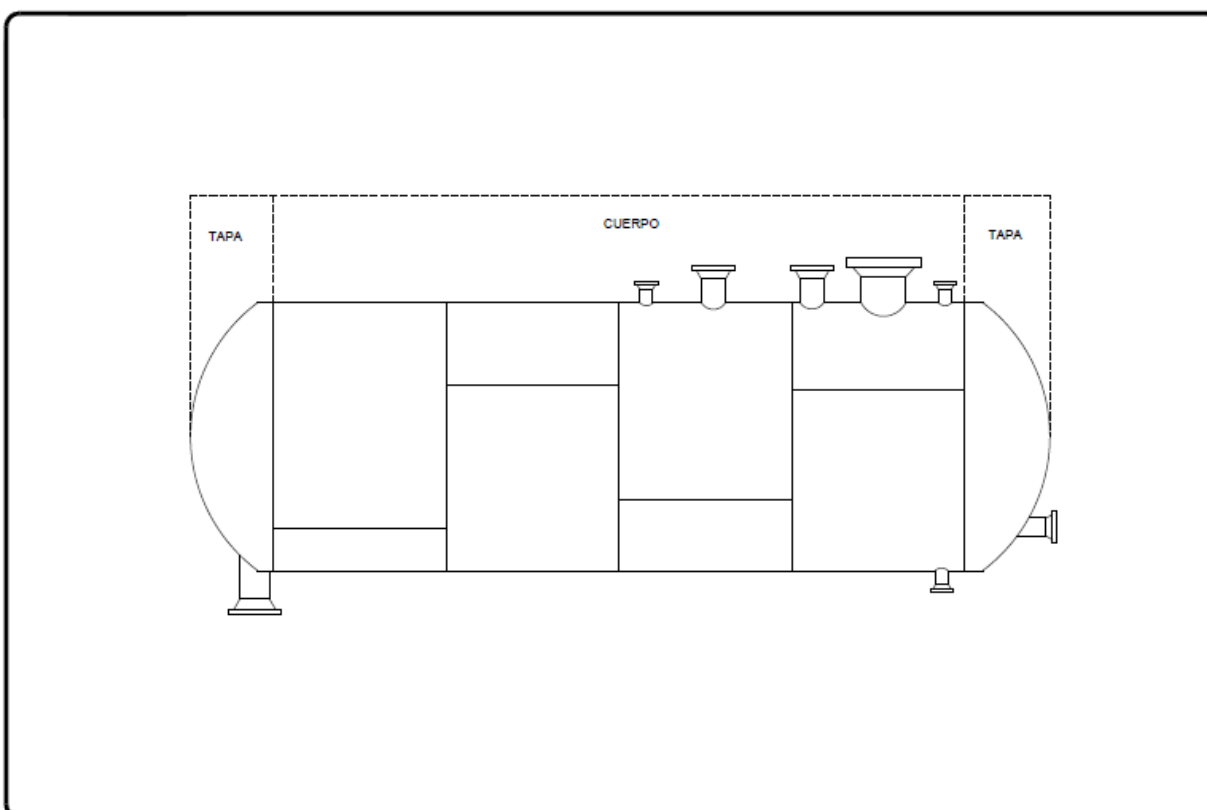


Figura 3. Unidades de control de un recipiente horizontal.

#### **2.2.1.2.5. Criterios generales para colocar los niveles de medición en equipos de proceso**

De acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204 <sup>[2]</sup> para la ubicación de niveles de medición de espesores en torres corresponde a la tabla 2.

---

Tabla 2. Niveles de medición de espesores en cambiadores de calor.

No.	Parte del equipo	Niveles
1	Boquillas y registros	1 nivel por cada boquilla con 4 posiciones
2	Carrete	1 nivel de 4 a 32 posiciones
3	Cuerpo	1 nivel de 4 a 32 posiciones antes y después de cada soldadura.
4	Nipliería	1 nivel por cada arreglo de nipliería, las posiciones del arreglo dependerán de las piezas que integran de arreglo de nipliería.

---

En los dibujos de medición de espesores se representan los niveles de medición tanto de boquillas por un círculo así como los niveles de nipliería con un triángulo.



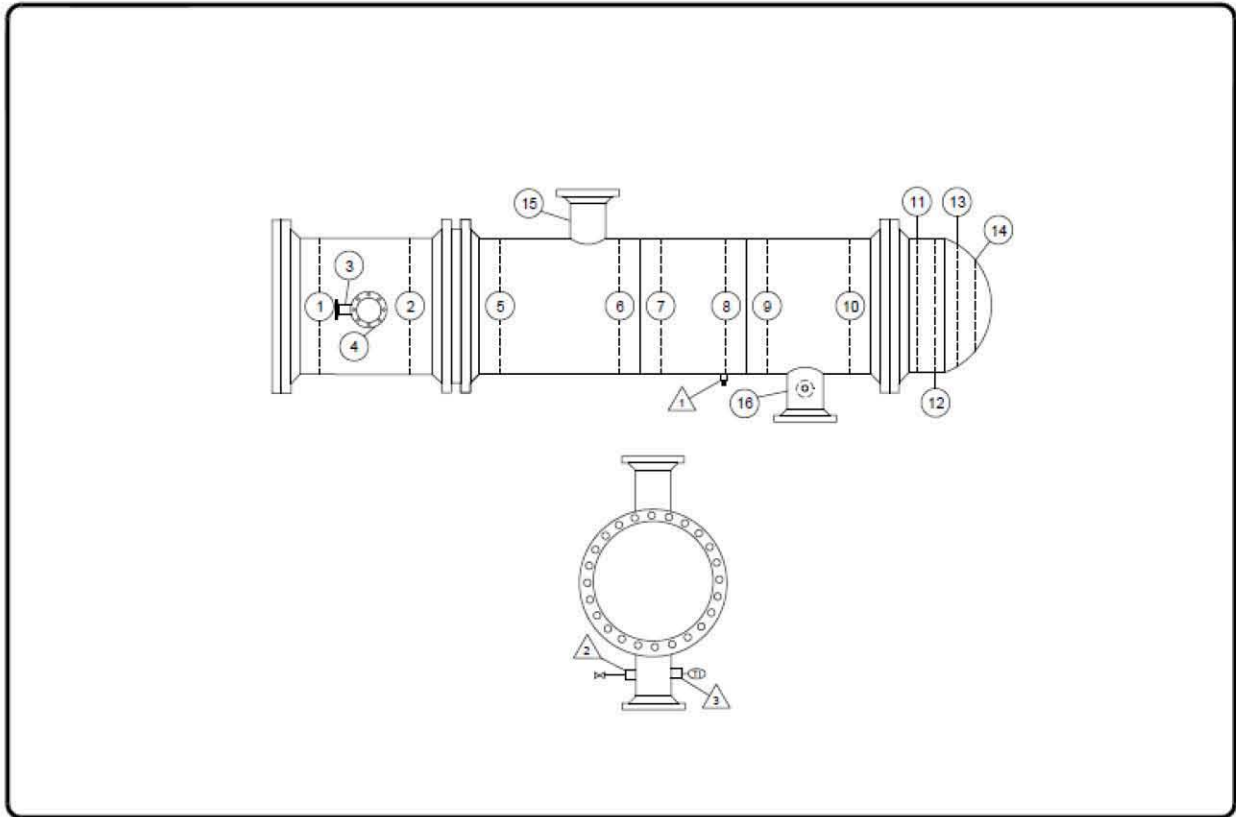


Figura 4. Niveles de medición de espesores en cambiador de calor.

Tabla 3. Niveles de medición de espesores en columnas de destilación.

No.	Parte del equipo	Niveles
1	Boquillas y registros	1 nivel por cada boquilla con 4 posiciones
2	Domo	1 nivel de 4 a 32 posiciones preferentemente en zona alrededor de boquilla central. En el domo preferentemente alrededor de salida de vapores.
3	Extracción	1 nivel de 4 a 32 posiciones antes y después de cada soldadura.
4	Alimentación	1 nivel de 4 a 32 posiciones antes y después de cada soldadura.
5	Agotamiento	1 nivel de 4 a 32 posiciones antes y después de cada soldadura.
6	Fondo	1 nivel de 4 a 32 posiciones antes y después de cada soldadura.
7	Niplería	1 nivel por cada arreglo de niplería, las posiciones del arreglo dependerán de las piezas que integran de arreglo de niplería.

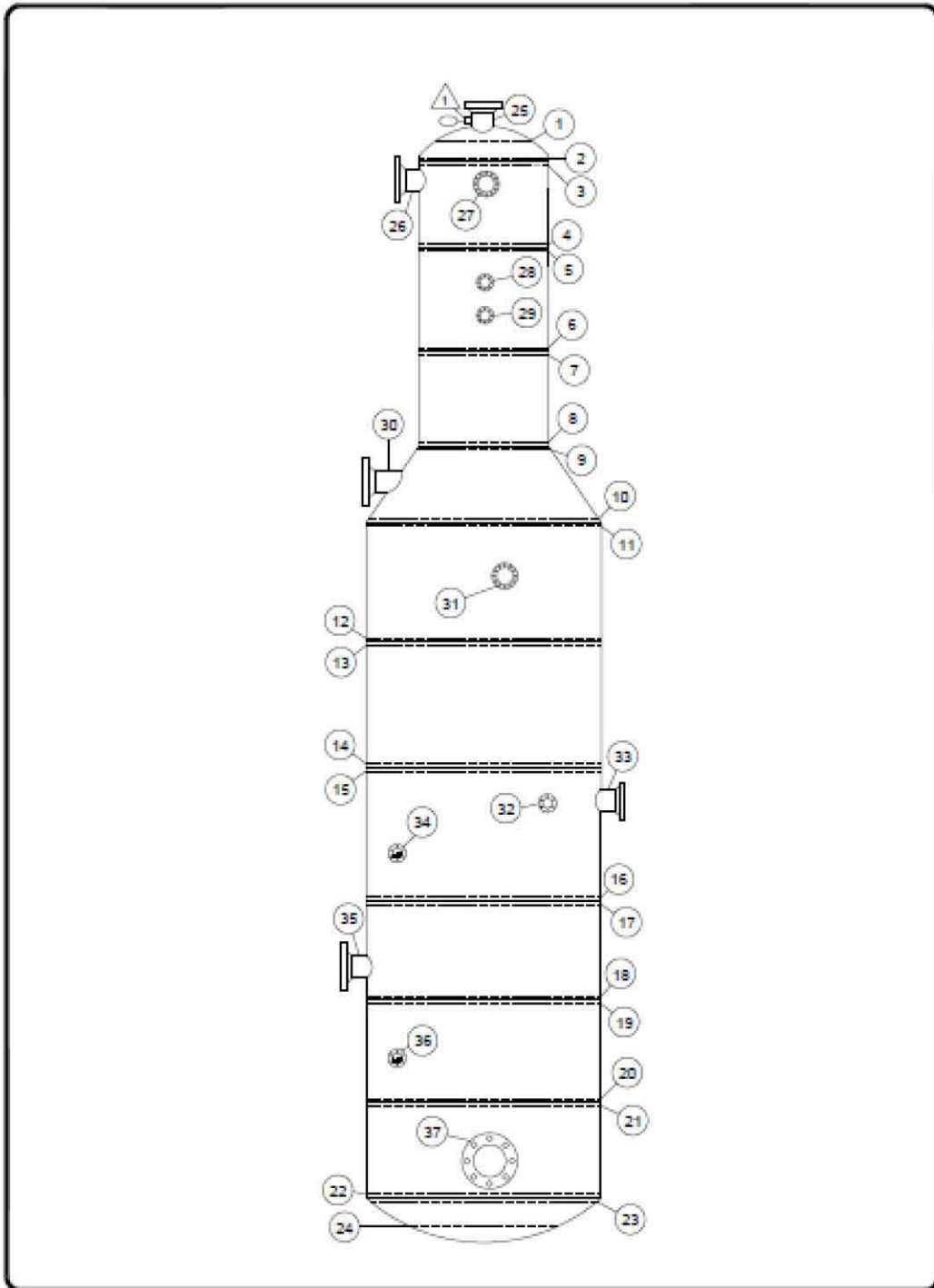


Figura 5. Niveles de medición de espesores en columnas de destilación.

Tabla 4. Niveles de medición de espesores en recipientes sujetos a presión.

No.	Parte del equipo	Niveles
1	Boquillas y registros	1 nivel por cada boquilla con 4 posiciones
2	Tapa	1 nivel de 4 a 32 posiciones
3	Cuerpo	1 nivel de 4 a 32 posiciones antes y después de cada soldadura.
4	Niplería	1 nivel por cada arreglo de niplería, las posiciones del arreglo dependerán de las piezas que integran de arreglo de niplería.

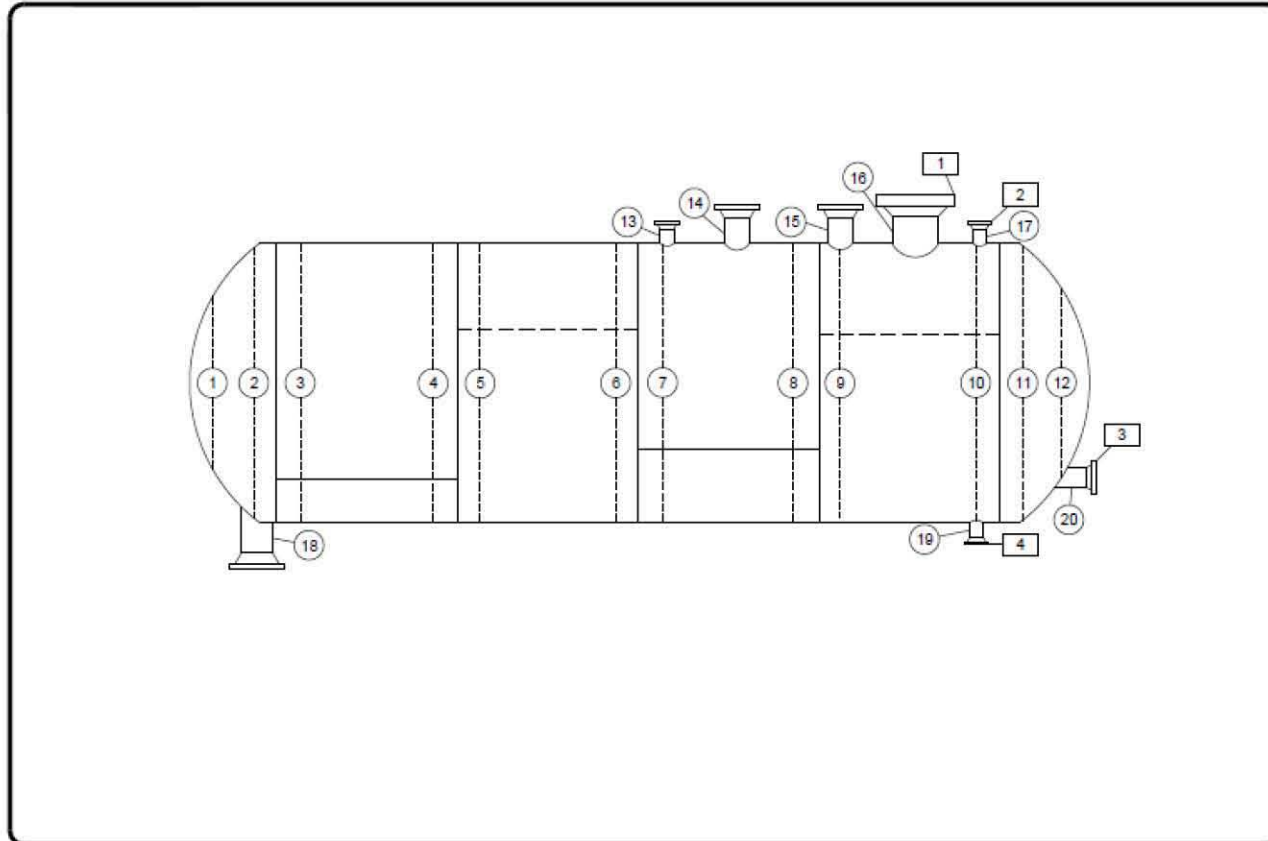


Figura 6. Niveles de medición de espesores en recipientes sujetos a presión.

---

### 2.2.1.3. Inspección visual externa

La inspección visual externa es realizada para determinar la condición externa del equipo de proceso, la pintura, el recubrimiento o en el caso que se requiera aislamiento y de accesorios asociados; para poder detectar cualquier signo de desalineamiento vibración y fugas.

Cuando exista la formación de productos de corrosión en la superficie de contacto del equipo de proceso con un soporte del mismo, se debe remover el soporte para inspección tomando cuidado especial si el equipo de proceso se encuentra en operación.

Las inspecciones externas deben incluir revisión de soportería del equipo de proceso, en soportes verticales verificar que no se hayan llenado de agua ya que es causante de corrosión externa.

El inspector debe revisar el equipo por cualquier modificación de campo o reparaciones temporales no registradas previamente en planos. El inspector también debe fijarse en la presencia de cualquier componente en servicio que pueda ser inapropiado para operar a largo plazo, tales como bridas, reparaciones temporales (abrazaderas), Mangueras flexibles, o válvulas fuera de especificación.

Los componentes roscados que puedan quitarse e instalarse fácilmente, merecen atención especial a causa de su potencial tan alto para instalarse inapropiadamente.

En este tipo de clasificación de inspección es una serie de recomendaciones que al igual que las tuberías, los equipos de proceso de acuerdo al procedimiento GPASI-IT-209 <sup>[1]</sup> y la guía DG-SASIPA-IT-00204 <sup>[2]</sup> pueden ser clasificadas de acuerdo al servicio que están brindando, desde clase 1 a clase 3; De acuerdo a estas clasificaciones existe

---

la recomendación de cada cuanto tiempo se llevará a cabo la medición de espesores, a continuación de describirá cada tipo de clase.

#### **2.2.1.3.1. Equipos de proceso Clase 1.**

Se clasifica dentro de esta categoría a todos aquellos equipos de proceso que por su servicio presenten el potencial de más alto de riesgo que pueda afectar la seguridad o el medio ambiente, si llegara a presentar una daño y este a su vez genere una fuga.

Incluye los siguientes servicios:

- Servicios inflamables autorefrigerados y que pueden inducir fracturas frágiles.
- Servicios presurizados que puedan vaporizarse rápidamente durante su liberación, creando vapores que se puedan congregarse y formar una mezcla explosiva. Por ejemplo, derrames de etano, propano y butano.

Los fluidos que vaporizan rápidamente son aquellos con un punto de ebullición atmosférica inferior a 10°C.

- Ácido sulfhídrico (concentraciones superiores a 3% en peso) en una corriente gaseosa.
- Ácido clorhídrico anhidro.
- Ácido fluorhídrico.

En general este tipo de sustancias que por sus propiedades físicas generan una nube explosiva a nivel de piso debido a que tienden a bajar y desplazar el aire.

---

### **2.2.1.3.2. Equipos de proceso Clase 2.**

En esta categoría se incluyen los servicios no incluidos en otras clases. Se clasifica así a la mayoría de los equipos de proceso y que no están incluidos en los límites de la unidad de proceso y servicios auxiliares, que manejan los productos siguientes:

- Hidrocarburos, dentro de los límites de la unidad de proceso, que vaporizan lentamente durante su liberación, tales como a aquellos que operan por debajo de su punto de inflamación.
- Hidrógeno, gas combustible y gas natural.
- Ácidos y cáusticos fuertes.

En esta categoría se encuentran las sustancias las cuales al vaporizarse pueden generar una nube explosiva pero por sus características físicas este tipo de nube tiende a subir.

### **2.2.1.3.3. Equipos de proceso Clase 3.**

Se clasifica así a todos aquellos servicios que son inflamables pero que no vaporizan significativamente cuando se derraman y no están localizados en áreas de alta actividad.

Estos servicios que son potencialmente peligrosos para el tejido humano pero que están localizados en áreas remotas pueden ser incluidos.

Ejemplos de servicio Clase 3 son los siguientes:

- Hidrocarburos que no vaporizan significativamente durante su liberación.
- Destilados y productos hacia y desde áreas de almacenamiento y carga.



- 
- Ácidos y cáusticos fuera de áreas de proceso.

En esta categoría se encuentran las sustancias que no vaporizan a condiciones ambiente.

#### **2.2.1.3.4. Períodos de inspección**

De acuerdo a cada clasificación en la guía DG-SASIPA-IT-00204 <sup>[2]</sup> existen intervalos de inspecciones, para establecer estos intervalos se toman en cuenta los siguientes criterios:

- La velocidad de corrosión y los cálculos de vida remanente.
- La clasificación de las tuberías de acuerdo al servicio.
- Los requerimientos jurisdiccionales aplicables.
- El juicio del inspector ó especialista de corrosión basado en las condiciones de operación, historia de las inspecciones anteriores, resultados de la inspección actual, etc.

En la tabla 5 se muestran los intervalos de inspección máximos recomendados para las tres categorías de equipos de proceso.

---

Tabla 5. Intervalos de inspección recomendados por clase.

---

<b>Tipo de circuito</b>	<b>Medición de espesores</b>	<b>Inspección visual externa</b>
Clase 1	5 años	5 años
Clase 2	10 años	5 años
Clase 3	10 años	10 años

En el caso de equipos operando a bajas temperaturas los espesores deben medirse por ultrasonido en los paros de planta; ya sea por dentro o por fuera, quitando el aislamiento. La intensidad de medición base, será del 10% de los puntos o más si se detectan espesores bajos.

Es conveniente se elimine pintura de equipos en los puntos donde se va a medir el espesor, dejándolos cubiertos de grasa para evitar la oxidación, con el propósito de identificar el punto de control con fines estadísticos. Esta práctica de eliminar la pintura puede evitarse en los casos en que el Centro de Trabajo realice mediciones de espesor con aparatos con capacidad de discriminar el espesor correspondiente a la pintura y que la superficie metálica sea suficientemente uniforme y no requiera de pulirse.

Los equipos construidos con materiales especiales y que de diseño en algunos casos no se consideró el margen de corrosión correspondiente, como por ejemplo titanio, acero inoxidable, aluminio, etc., se miden a un 25% de sus niveles de medición en dos

---

fechas espaciadas más de un año, para comprobar que el material se comporte como se planeó y por lo tanto que no hay desgaste, así como para tener datos estadísticos de referencia. Si esto se comprueba, se programa a 5 años la fecha de próxima medición, midiendo un porcentaje del 10%. Si es al contrario, se hará el análisis respectivo según el procedimiento.

Es conveniente que cuando se esté midiendo un equipo, también se midan los espesores de los arreglos de niplería usando el transductor adecuado.

En unidades de control con temperaturas superiores a 300 °C se debe de considerar realizar la medición en un paro de planta para que los datos sean confiables.

Cuando se inspeccionen por primera vez los sistemas de las Clases 1 y 2 la revisión debe incluir cuando menos el 50 % de todas las áreas sospechosas y el 50% de todas las áreas de aislamiento dañado. Para ello se requiere un examen radiográfico o la remoción del aislamiento e inspección visual. También podrán usarse otros métodos de inspección no destructivos.

Para los sistemas Clase 3 la inspección debe incluir cuando menos el 10% de todas las áreas sospechosas y de las áreas con aislamiento dañado. Cuando en la inspección de un porcentaje de áreas sospechosas se localice suficiente corrosión bajo el aislamiento, deben inspeccionarse áreas sospechosas adicionales, y donde se justifique la inspección se debe extender hasta el 100% del circuito.

---

#### 2.2.1.4. Inspección suplementaria

Se pueden programar otras inspecciones si se considera necesario o apropiado. Ejemplos de dichas inspecciones incluyen el uso de radiografías, termografías para chequeo de ensuciamiento u obstrucciones internas, la termografía en especial para checar zonas calientes en sistemas forrados con refractario o inspección por fracturas superficiales. La emisión acústica, y la termografía pueden utilizarse para la detección de fugas remotas y para vigilancia. Ultrasonido y radiografía ambas pueden utilizarse para detección de corrosión localizada.

#### 2.2.1.5. Revisión de niplería

La revisión de niplería se debe aplicar para medir y llevar un control en el desgaste de niplería básica en equipos de proceso de refinación de petróleo únicamente con la excepción de cuando la instalación se encuentra en construcción. La aplicación del procedimiento GPI-IT-4200 <sup>[3]</sup>.

Los arreglos básicos de niplería son los siguientes:

En la figura 7 se muestra el primer arreglo básico, cople-niple-válvula en cual tiene 6 puntos de medición, dos sobre la base una pulgada antes y el otro una pulgada después, dos sobre el cople y dos sobre el niple.

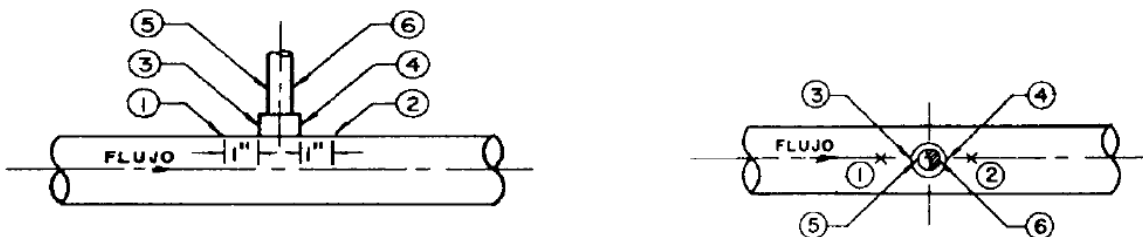


Figura 7. Arreglo cople- niple- válvula

---

En la figura 8 se muestra el arreglo tipo básico, cople-tapón en cual tiene 4 puntos de medición, dos sobre la base una pulgada antes y el otro una pulgada después y dos sobre el cople.



Figura 8. Arreglo cople-tapón

La figura 9 muestra el arreglo básico de niplería de tipo cople-termopozo que al igual que el arreglo cople-tapón tiene 4 puntos de medición, dos sobre la base una pulgada antes y el otro una pulgada después y dos sobre el cople.

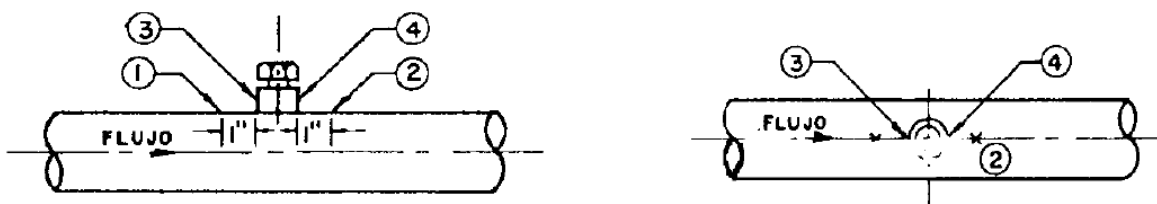


Figura 9. Arreglo cople-termopozo

La figura 10 muestra el arreglo básico orificio-niple-válvula que tiene 4 puntos de medición dos sobre la base una pulgada antes y el otro una pulgada después y dos

---

sobre el niple.

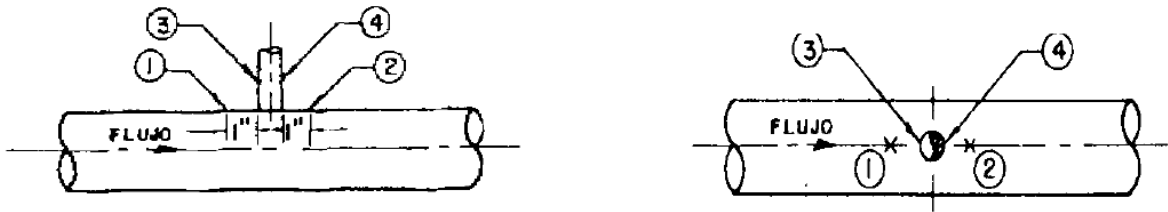


Figura 10. Arreglo orificio-niple-válvula

La figura 11 muestra el último arreglo básico orificio-tapón que tiene dos puntos de medición dos sobre la base una pulgada antes y el otro una pulgada después.

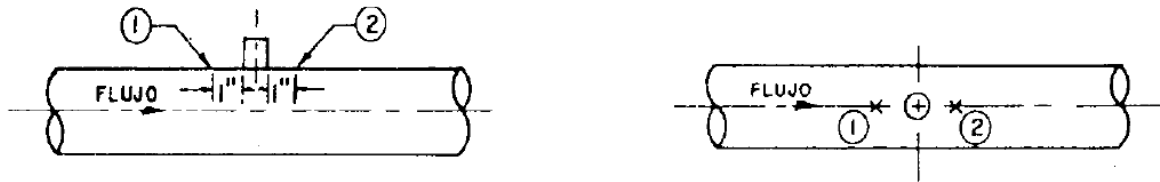


Figura 11. Arreglo orificio-tapón.

En los arreglos con un número de piezas mayor a las que tienen los arreglos básicos se deben agregar 2 puntos de calibración por cada pieza susceptible de calibrarse.

Para llevar el control de desgaste de los arreglos de niplería se debe hacer prácticas periódicas de medición de espesores que deben basarse por medios no destructivos.

Los medios para realizar la calibración pueden ser:

- Medición con aparatos ultrasónicos con los "transducers" adecuados.
- Medición directa con calibradores mecánicos, cuando sea posible desarmar los arreglos.

- 
- Método radiográfico cuando sea necesario, por alta o baja temperatura, por no poder sacar el equipo de operación, etc.

Los arreglos básicos de niplería se calibraran de acuerdo a los mismos períodos del equipo de proceso donde van armados, así de esta manera al calibrar el equipo de proceso se tendrán registros de calibración de niplería ya que se calibraran al mismo tiempo. Lo anterior a excepción de aquellos arreglos, cuyas determinaciones de desgaste acusen una velocidad mayor a la registrada en líneas o equipos donde vayan armados. En este caso, los períodos de calibración de la niplería serán establecidos de acuerdo a su propio desgaste.

#### **2.2.1.6. Revisión de tornillería.**

La revisión de tornillería consiste en evaluar el estado físico de la tornillería de las tuberías y equipos de proceso en las instalaciones, para de esta forma detectar oportunamente daños o fallas y poder implementar las acciones correctivas necesarias para garantizar la hermeticidad de uniones bridadas el procedimiento que rige la revisión es DG-GPPASI-IT-0903<sup>[4]</sup>.

La tornillería que debe revisarse es:

- 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.

La dependencia de seguridad industrial es la encargada de llevar a cabo la programación y ejecución de la revisión de tornillería así como los trabajos de

---

remoción, cambio o instalación de la tornillería son responsabilidad de la dependencia de mantenimiento del centro de trabajo.

Los periodos de revisión no son iguales debido a que la agresividad del medio ambiente en cada lugar es variable, debiendo ser más cortos en los centros de trabajo de exista mayor corrosión exterior.

Existen 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 con lo establecido en la tabla 6.

Tabla 6.Periodos de revisión de tornillería.

<b>Grado de corrosión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Periodo de revisión</b>
Leve	Se observan oxidados, pero la cuerda del espárrago no se ve desgastada en forma apreciable.	5 años
Moderada	Se observan depósitos de corrosión en algunas partes del espárrago y los hilos de la rosca se ven con cierto desgaste, pero todavía con profundidad suficiente.	4 años



---

Alta	El espárrago prácticamente ya no cuenta con rosca en alguna sección, pero se alcanzan a ver todavía los hilos.	3 años
Severa	El espárrago ya se ve en algunas zonas sin su diámetro original. Se observa acinturamiento y por supuesto los hilos de la rosca ya no existen.	2 años

---

Para llevar a cabo la revisión de tornillería se deben numerar las bridas y válvulas para una mejor ubicación, después inspeccionar visualmente los espárragos, tornillos y tuercas para determinar el grado de corrosión exterior que presenta, para ellos se debe utilizar la tabla 6. En caso de que el material tenga adheridos productos de la corrosión, se limpian estos para poder ver el estado de la cuerda. Se revisará además si faltan o no tornillos o tuercas, si son todos de las medidas de diseño, etc.

De acuerdo a la criticidad del servicio de los equipos y tuberías y al resultado de la inspección visual, en caso de duda para decidir el grado de afectación por corrosión, se debe solicitar la remoción de una o varias piezas para hacerles un estudio de comportamiento mecánico, análisis químico de sus componentes y pruebas de dureza.

Tomando como base el resultado de la inspección, debe solicitar el cambio de todos los tornillos y tuercas que se hayan encontrado con corrosión severa y alta. Es muy

---

conveniente que todos los espárragos nuevos que se coloquen, estén protegidos contra la corrosión adecuadamente.

### **2.2.2. Inspección basada en riesgo**

La metodología de inspección basada en riesgo es una herramienta de análisis que estima el riesgo asociado a la operación de equipos de proceso, y evalúa la efectividad del plan de inspección utilizado para de esta forma reducir el riesgo. Esta metodología está basada en la ejecución de una serie de cálculos para estimar la probabilidad y la consecuencia de una falla de cada equipo de proceso.

Las prácticas recomendadas se encuentran en la API-580 <sup>[15]</sup> la cual te permite establecer frecuencias y alcance de inspecciones con base en la combinación del comportamiento histórico, modos de degradación o deterioro, características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y políticas gerenciales tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas.

Los pasos de la inspección basada en riesgo son:

1. Planeación de los cálculos de la inspección basada en riesgo (RBI)
2. Recolección de datos e información
3. Determinación de mecanismo de deterioro y modos de falla.
4. Cálculos de probabilidades de falla
5. Cálculos de las consecuencias de fallas
6. Determinación, calculo y administración del riesgo
7. Administración del riesgo con actividades de inspección

- 
8. Otras actividades de mitigación de riesgos
  9. Reevaluaciones y actualizaciones.
  10. Programas, responsabilidades, capacitación y calificaciones.
  11. Almacenamiento de documentación y registros.

Los resultados esperados de la aplicación del proceso de la inspección basada en riesgo (IBR) deberán ser el eslabón del riesgo con las apropiadas inspecciones u otras actividades de mitigación de riesgos para la administración de riesgo.

El procedimiento de la inspección basada en riesgo (IBR) es capaz de generar:

- Un ordenamiento por riesgo de todo el equipo evaluado.
- Una descripción detallada del plan de inspección a ser empleado para cada punto del equipo, incluyendo:
  - Los métodos de inspección que deberán ser usados.
  - El alcance de aplicación de los métodos de inspección (porcentaje total del área examinada ó localizaciones específicas).
- Ritmo de inspecciones y exámenes.
- Alcance de la administración del riesgo de acuerdo a la implementación de un plan reinspección.
- Una descripción de cualquier otra actividad de mitigación de riesgo (tales como reparaciones, reemplazos ó la actualización del equipo de seguridad).
- Los niveles esperados de riesgo de todo el equipo después del plan de inspección y otras actividades de mitigación de riesgo han sido implementadas.

---

### **2.3. Administración de los trabajos de inspección**

Parte importante para realizar un adecuado trabajo durante la medición de espesores es la administración de los resultados, para el manejo de los resultados existe una serie de formatos recomendados para facilitar el registro y tener un mejor control del análisis estadístico, todos los formatos son parte de lo que se conoce como expediente de medición. En los centros de trabajo de PEMEX refinación utilizan SIMECELE (Sistema de MEdición y Control de Espesores en Líneas y Equipos) que es un sistema de información el cual administra y controla la información de los resultados de trabajos de inspección.

Los resultados obtenidos de la medición de espesores requieren de un análisis estadístico formal, el cual se realiza matemáticamente y con esto obtenemos desgaste máximo ajustado, vida útil estimada, fecha de próxima medición y fecha de retiro probable.

Los trabajos de medición de espesores y los correspondientes análisis de la estadística, constituyen un proceso cíclico, ya que cada uno aporta los datos necesarios para la ejecución del siguiente, tal y como se describe a continuación:

Los datos obtenidos en la medición, se registran en el formato tipo DG-SASIPAIT-0204-2 (ver anexo 1), en el que se recopila la información junto con la de anteriores mediciones este formato va acompañado con el dibujo isométrico de la unidad a inspeccionar.

Se procede al análisis de los datos registrados, obteniéndose la información de velocidad de desgaste estadístico, fechas de próxima medición y de retiro probable,

---

con la cual se estima cuando deben reemplazarse las piezas de acuerdo a su vida útil, para este paso se utiliza el formato tipo DG-SASIPA-IT-0204-3 (ver anexo 2).

La velocidad de desgaste por punto debe calcularse de acuerdo a la ecuación 1:

$$d = \frac{ei - ef}{ff - fi} \quad (1)$$

$d$  = Velocidad de desgaste del punto [mpa].

$ff$  = Fecha de la medición mas reciente -  $ef$  [años].

$fi$  = fecha de medición anterior -  $ei$  [años].

$ei$  = espesor obtenido en la fecha  $fi$  [mils].

$ef$  = espesor obtenido en la fecha  $ff$  [mils].

Nota: [mils] = Milésimas de pulgada.

Los valores de desgaste por punto obtenidos, se anotan en la columna correspondiente al formato tipo DG-SASIPA-IT-0204-2 (ver anexo 1).

Cálculo de la velocidad de desgaste promedio ( $D_{prom}$ ) y la velocidad máxima ajustada ( $D_{Máx}$ ) se calculan de acuerdo a la ecuación 2 y 3.

$$D_{prom} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} \quad (2)$$

$$D_{Máx} = D_{prom} + 1.28 \frac{D_{prom}}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

---

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

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

$D_{prom}$  = Promedio aritmético de las velocidades de desgaste [mpa].

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

El valor ( $D_{max}$ ) se anota en la columna “velocidad de desgaste” del formato tipo DG-SASIPA-IT-0204-3 (ver anexo 2).

Para determinar la Vida Útil Estimada (VUE), Fecha de Próxima Medición (FPME) y Fecha de Retiro Probable (FRP) se utilizan las ecuaciones 4,5 y 6.

$$VUE = \frac{ek - Lr}{D_{Máx}} \quad (5)$$

$$FPME = fk + \frac{VUE}{3} \quad (6)$$

$$FRP = fk + VUE \quad (7)$$

Donde:

$Lr$  = Límite de retiro [mils].

$ek$  = Espesor más bajo encontrado en la última medición [mils].

$fk$  = Fecha de última medición [años].

Nota: [mils] = Milésimas de pulgada.

---

El valor (Dmax) se anota en la columna “velocidad de desgaste” del formato tipo DG-SASIPA-IT-0204-3 (ver anexo 2).

Con la información obtenida del análisis, se procederá a registrarlos en una base de datos (Excel), la cual estará en un portal electrónico y será la auditable, formato DG-SASIPA-IT-0204-4 (ver anexo 3).

Cada mes se debe revisar la base de datos para ver que unidades de control les toca medir espesores, preparando los isométricos o dibujos de líneas o equipos programados, lo anterior de acuerdo al Programa de medición de espesores establecido de acuerdo al formato DG-SASIPA-IT-0204-1 (ver anexo 4).

En el caso de la revisión de tornillería los resultados que se obtienen de la inspección se anotan y registran en el formato GPASI-94 (ver anexo 5), acompañado del dibujo del equipo correspondiente.

Para llevar el control de revisión de niplería los resultados obtenidos de la medición se llenaran en el formato SGIT-1-21 (ver anexo 6).

El método para los cálculos de desgastes y vida útil, es el mismo que el utilizado en el análisis de las calibraciones efectuadas en equipos por lo tanto se utilizan las ecuaciones 5,6 y 7.

Como se ha mencionado con anterioridad los cálculos de Vida Útil Estimada (VUE), Fecha de Próxima Medición (FPME) y Fecha de Retiro Probable (FRP) son los resultados que se utilizan para la planeación de próximas inspecciones por lo cual la metodología es una herramienta aplicada a la decisión que se tomó a partir de este

---

cálculo y dentro de los criterios que se tiene en PEMEX refinación que la fecha en próxima medición nunca debe ir más allá de 5 años.



# METODOLOGÍA

---

### 3.1. Descripción general de la metodología

La metodología propuesta para caracterizar el índice de complejidad se basa en la metodología de inspección basada en riesgo, considerando las características, necesidades y herramientas específicas para el trabajo de medición preventiva de espesores en equipos de proceso en la refinería “Miguel Hidalgo”. Los pasos de la metodología consisten en:

1. Recopilar información
2. Definir variables de medición y subcategorías
3. Definir casos
4. Evaluación

En términos generales, la primer parte consiste en recopilar la información de puntos de expedientes de medición de los equipos de proceso, herramientas disponibles para realizar la medición de espesores, equipos de protección disponibles, conflictos más frecuentes para realizar la actividad. Después de tener la información requerida definir cuáles son las variables a considerar para realizar la medición de espesores con estas categorías se determina todos los casos posibles para finalmente evaluar los casos posibles, casos que se omiten y la caracterización del índice de complejidad.

Cuando se tiene la caracterización del índice de complejidad el paso siguiente consiste en seleccionar un equipo revisar cuales son las características necesarias que tiene el equipo de proceso para realizarle la medición de espesores y finalmente revisar a que caso corresponde con su respectivo índice de complejidad.

---

La metodología propuesta en esta tesis tiene sus bases en la metodología de inspección basada en riesgo, adaptando el segundo punto a los requerimientos de este trabajo.

### **3.2. Definición de caso(s) de ejemplo (descripción y datos)**

Se seleccionó el proceso de hidrosulfuración de naftas debido que se cuenta con la información necesaria de expedientes en medición de espesores para poder ayudar a desarrollar la metodología para determinar el Índice de Complejidad de Inspección (ICI). La información recopilada al respecto de esta planta se obtuvo a partir de la participación en el proyecto de implementación del programa SIMECELE en la refinería “Miguel Hidalgo” ubicada en el Estado de Hidalgo municipio Tula de Allende.

El proyecto consistió en revisar la información de la planta hidrosulfuradora de naftas que fueron expedientes de medición de espesores, dibujos isométricos de líneas y equipos de proceso, diagramas de flujo de proceso, diagramas de tubería e instrumentación. De esta forma fue como se consiguieron los expedientes e información de dio inicio a proponer la metodología para determinar el Índice de Complejidad de Inspección.

El proceso de hidrosulfuración de naftas, permite reducir compuestos de azufre presentes en naftas, garantizando naftas con una menor cantidad de impurezas.

El proceso consiste de una carga proveniente de tanques acumuladores, el efluente del acumulador es mandado a través de una bomba hacia un precalentamiento en dos trenes de intercambiadores de calor, a la carga de estos trenes se les inyecta

---

hidrógeno para así después pasar a un horno y finalmente llegar al reactor de hidrodeshulfuración.

La corriente resultante del reactor pasa por unos enfriadores antes de llegar a la primera sección de separación en donde se recupera hidrógeno y se separan las sales de azufre y amonio en aguas amargas. Los hidrocarburos obtenidos después de pasar por el primer separador pasan a una segunda sección de tanques separadores, con la función de remover sustancialmente el hidrógeno contenido en la carga antes de mandarla a la torre desbutanizadora, este proceso se realiza a través de un proceso de bombeo entre los tanques separadores y la torre desbutanizadora.

El producto del domo de la torre desbutanizadora se manda fuera del límite de batería de la planta y los pesados que salen por el fondo de la torre desbutanizadora y se envían por medio de unas bombas a la torre dehexanizadora, en el fondo de ésta torre sale una corriente la cual se manda a fraccionamiento de pesados y por el domo la corriente de vapor pasa por condensadores y se lleva a un tanque acumulador.

Se seleccionaron unos equipos de proceso para desarrollar la metodología, para de esta forma clasificarlos de acuerdo a la complejidad que tienen a la hora de realizar la medición de espesores.

- Reactor de hidrodeshulfuración C-2
- Tanque separador de carga a desbutanizadora C-4
- Torre dehexanizadora C-7
- Tanque acumulador de reflujo de torre desbutanizadora C-6
- Condensador de torre desbutanizadora E-3

---

El reactor se considera primordial en el proceso debido a que es el encargado del objetivo de la planta, así como los separadores del producto del reactor ya que si no existe separación se tendrían problemas con los equipos subsecuentes.

También se agregó a la lista la torre dehexanizadora, el tanque acumulador de reflujo de torre desbutanizadora así como también el condensador de torre desbutanizadora.

Los equipos tales como el horno que calienta la carga al reactor así el compresor de la recirculación de hidrogeno, son considerados equipos muy importantes en el proceso pero no se van a incluir en la lista debido a que no se encuentran en el alcance de la norma DG-SASIPA-IT-00204 <sup>[2]</sup> ya que el proceso de inspección utilizado es procedimiento especial de cada centro de trabajo.

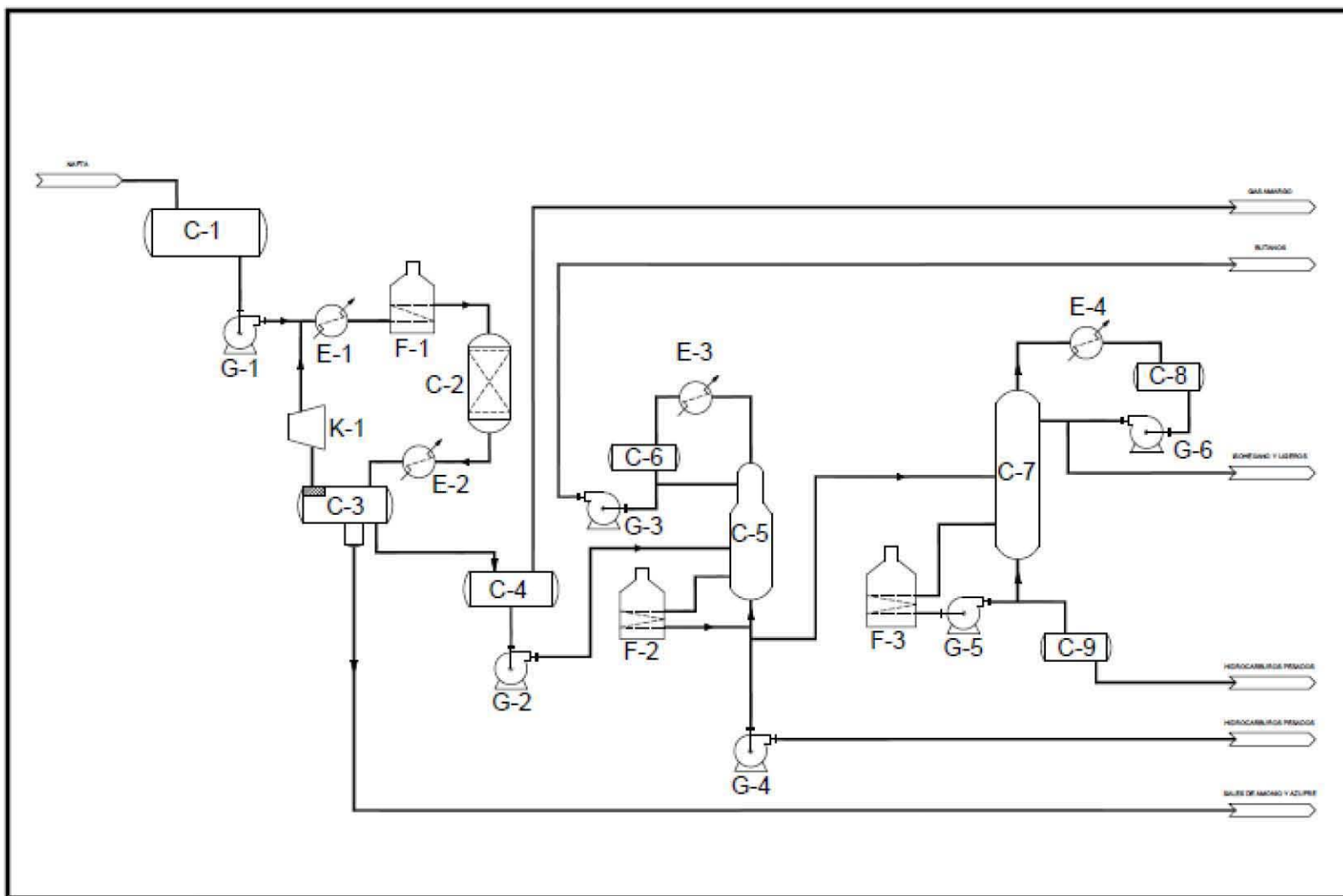


Figura 12. Diagrama simplificado del proceso de hidrodesulfuración de naftas

---

C-1: Tanque acumulador

F-1: Calentador de carga

C-2: Reactor de Hidrodesulfuración

F-2: Calentador de fondos de torre desbutanizadora

C-3: Tanque separador de compresor

F-3: Calentador de reflujo de torre dehexanizadora

C-4: Tanque separador de carga a desbutanizadora

G-1: Bomba de carga

C-5: Torre desbutanizadora

G-2: Bomba de alimentación a desbutanizadora

C-6: Acumulador de reflujo de torre desbutanizadora

G-3: Bomba de producto a torre desbutanizadora

C-7: Torre dehexanizadora

G-4: Bomba de fondo de torre desbutanizadora

C-8: Acumulador de reflujo de torre dehexanizadora

G-5: Bomba del fondo de torre dehexanizadora

C-9: Tanque de balance de torre dehexanizadora

E-1: Precalentador de carga

G-6: Bomba de reflujo de torre dehexanizadora

E-2: Enfriador de productos del reactor

E-3: Condensador de torre desbutanizadora

K-1: Compresor de recirculación de hidrógeno

E-4: Condensador de torre dehexanizadora

---

### **3.3. Definición de trabajos de inspección realizados (Requisitos de inspección)**

En la actividad de medición de espesores existen muchas variables a considerar para realizar dicho trabajo de inspección, en este trabajo se han considerado las siguientes clasificaciones como las principales categorías de complejidad:

- Complejidad por cantidad de trabajo.

En esta clasificación nos referimos a la cantidad de puntos a medir ya que a mayor cantidad de puntos de medición el trabajo va teniendo más dificultades para realizarlo.

- Complejidad por trabajo en altura.

En la categoría de complejidad por trabajo en altura se refiere a las herramientas que se tienen que utilizar en la medición de espesores para realizar como tal un trabajo en altura, las herramientas que se tienen a la mano y los que se deben pedir con anterioridad ya que si no se tienen al momento todos los requisitos necesarios la actividad no se llevará acabo de la mejor forma

- Complejidad por equipo de protección personal.

Durante la actividad de medición de espesores es importante cumplir con las medidas de seguridad requeridas para realizar la actividad para ello se realizó una investigación para identificar los equipos de seguridad disponibles en la planta cuales se tiene a la mano y otros que requieran pedir con anticipación.



- 
- Complejidad por trabajo en espacio confinado.

Una variable importante para realizar el trabajo es la condición en la que se encuentra si es en un espacio confinado la complejidad de la actividad se va aumentando por lo que requiere ya sea de permisos, supervisores y equipos de seguridad que son puntos que se deben planear con una anterioridad para tener todo disponible el día en que se va a realizar el trabajo.

- Complejidad por operación de la planta.

La última variable que se consideró en el trabajo fue de acuerdo a la condición de la planta ya que existen algunos casos de medición de espesores que se realizan únicamente cuando la planta está fuera de operación pero en la metodología se toman en cuenta los dos casos si la planta opera o está fuera de operación.

A continuación se da una descripción más detallada para cada categoría.

### **3.3.1. Complejidad por cantidad de trabajo**

Esta categoría define la cantidad de trabajo a realizar en términos del número de puntos a medir en el equipo de proceso.

Los siguientes intervalos de puntos de medición fueron obtenidos de expedientes de medición de espesores en equipos de proceso entre los cuales se encuentran 25 cambiadores de calor y 14 recipientes como reactor, tanques acumuladores y columnas.

---

En el número de puntos a medir por equipo está incluido el tamaño del equipo, boquillas y niplerías.

Cambiadores de calor ( Precalentador de carga, enfriador de productos del reactor, condensador de torre desbutanizadora, condensador de torre dehexanizadora, calentador de fondos de torre desbutanizadora, calentador de reflujo de torre dehexanizadora).

- 16<64 : Baja
- 64<168 : Media
- Mayor a 168 : Alta

Recipientes sujetos a presión y atmosféricos (Tanque acumulador, reactor de hidrodesulfuración, tanque separador de compresor, tanque separador de carga a desbutanizadora, torre desbutanizadora, acumulador de relujo de torre desbutanizadora, torre desbutanizadora, torre dehexanizadora, acumulador de torre dehexanizadora, tanque de balance de torre dehexanizadora).

- 32<168 :Baja
- 168<304 : Media
- Mayores a 304 : Alta

### **3.3.2. Complejidad por trabajo en altura**

Con frecuencia se suele recurrir a trabajos en altura y por ello, es necesario tomar las debidas precauciones para que este tipo de trabajos no tengan ningún tipo de consecuencias para el trabajador que realiza la actividad.

---

En los centros de trabajo de PEMEX un trabajo en altura es conocido como todas aquellas operaciones que se realicen por encima de 90 centímetros del nivel del suelo.

Entre los riesgos existentes al hacer trabajos de altura se encuentra; Sobresfuerzos, contactos eléctrico directos e indirectos, golpes o cortes en las manos, caídas de objetos y el riesgo principal o el que suele darse con mayor frecuencia que puede implicar consecuencias de mayor gravedad es caídas a distinto nivel.

Para realizar un trabajo de altura el obligatorio dentro del equipo de seguridad personal el uso de arnés, línea de vida y conectores.

En la categoría de requisitos administrativos se están tomando en cuenta aquellos tramites extras para solicitar algún recurso necesario para el proceso de inspección.

De acuerdo a una investigación realizada entre inspectores de medición generó, que los requisitos administrativos utilizados para realizar la actividad son:

- Grúas articuladas

Se utilizan para realizar la actividad de medición de espesores a un máximo de 13 metros de altura.

- Andamio

Para utilizar un andamio a una altura máxima de 15 metros siempre y cuando este atado a un lugar fijo y la solitud de este requisito especial se hace con dos días de anticipación.

- 
- Grúas con canastilla

Se utiliza para cualquier altura mayor a 13 metros siempre y cuando no tenga vías de acceso restringidas.

- No requiere

Este caso es donde no requieres requisitos administrativos extra para realizar la medición de espesores.

En este punto, en la investigación realizada en campo resultó que se cuenta con una grúa articulada que los inspectores pueden disponer de ella en el momento que quieran pero en el caso de grúa de canastilla y andamio se debe realizar un trámite con anticipación que puede ir de cinco a dos días de anticipación.

### **3.3.3. Complejidad por operación de la planta**

Una variable importante durante la medición de espesores es sin duda las condiciones de operación de la planta, ya que podría facilitar la actividad o también podría requerir de más aditamentos debido a que sus condiciones no permiten un accesible paso.

- Fuera de operación

Durante un paro total, algunas actividades se simplificarán debido a que los equipos no se encuentran operando y las condiciones a las que se encuentran pueden estar cerca a las ambientales de esta manera reduciendo el riesgo para medir espesores.

En esta categoría se tomarán tanto los paros programados como los no programados que pueden ser parciales: En estos casos la dificultad en cierta medida podría reducir

---

un poco, dependiendo si la zona de medición de espesores es la que se encuentra en paro, ya que si está operando la zona en la cual se realizará la medición esta se tomará como si estuviera en operación.

- En operación

La medición de espesores en la mayoría de los casos se realiza cuando la planta está en operación y por lo mismo en algunos casos debido a las condiciones que manejan los equipos, la ubicación de los mismos en la planta y las dificultades de realizar la medición de espesores va aumentando.

#### **3.3.4. Complejidad por equipo de protección personal**

En esta categoría se toma en cuenta los diferentes equipos de protección personal extra requeridos para realizar la medición de espesores a las diferentes condiciones de operación, ubicación y manejo de sustancias de los equipos de proceso.

De acuerdo a la NOM-017-STPS-2008 <sup>[6]</sup> para el ingreso a una planta se necesita anteojos de protección (gafas de copa) así como también overol de algodón, NMX-S-040 <sup>[7]</sup> guantes de flor de carnaza, NMX-S-035 <sup>[8]</sup> tapones auditivos con protección mínima de 30 dC, NOM-113-STPS-2009 <sup>[9]</sup> se requiere también calzado tipo I contra impactos y a la NOM-115-STPS-2009 <sup>[10]</sup> un casco contra impacto tipo G. Este conjunto de aditamentos lo vamos a considerar como el equipo básico y como ya se había mencionado con anterioridad se necesitará siempre cuando se realice una actividad en un centro de trabajo.

---

### **3.3.4.2. Equipo de protección personal tipo 1 (EPP1)**

Los trabajos de medición de espesores en algunas ocasiones se deberán realizar en un espacio tóxico o lugares con sustancias corrosivas.

En muchas ocasiones la limpieza con vapor o sustancias inertes no es suficiente y en estos casos es donde existe un inminente peligro para la persona que realiza la medición de espesores. Debido a eso se deben debe tomar las medidas de seguridad necesarias y el uso de equipos de seguridad especiales para realizar el trabajo en zonas de este tipo.

El equipo de protección personal de esta categoría está integrado de acuerdo a:

NMX-S-013 <sup>[11]</sup> : Pantalla facial

NMX-S-002-SCFI <sup>[12]</sup> : Respirador contra partículas, respirador contra gases o vapores , equipo de respiración autónomo

NMX-S-039-SCFI <sup>[13]</sup> :Guantes de protección contra sustancias químicas

NRF-232-PEMEX-2010 <sup>[14]</sup> : Mangas , mandil contra sustancias químicas , ropa contra sustancias peligrosas

NOM-113-STPS-2009 <sup>[9]</sup> : Calzado contra sustancias peligrosas.

### **3.3.4.3. Equipo de protección personal tipo 2 (EPP2)**

La actividad de medición de espesores puede ser desarrollada en lugares en los cuales se maneja una muy alta temperatura, debido a este motivo se debe tener un cuidado

---

especial en el equipo de protección que se va a utilizar extra para reforzar el equipo de protección personal básico.

En el caso de altas temperaturas utilizan un equipo luminisado así como el equipo de protección personal (casco, lentes, guantes, tapones auditivos, botas y ropa de algodón).

En la NOM-017-STPS-2008 <sup>[6]</sup> Indica el equipo de protección personal que se debe utilizar cuando se realice la actividad de espesores a estas condiciones entre lo que tiene el equipo de seguridad es guantes contra temperaturas extremas, mandil contra altas temperaturas y equipo luminisado.

#### **3.3.4.4. Equipo de protección personal tipo 3 (EPP3)**

En este tipo de equipo de protección personal sólo será integrado por el equipo básico de protección personal, entonces para realizar la actividad de medición de espesores no vas a requerir ningún aditamento extra.

#### **3.3.5. Trabajo en espacio confinado**

Un espacio confinado se considera como cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida, ventilación natural desfavorable, en el cual pueden acumularse contaminantes químicos, tóxicos o inflamables, tener una atmósfera con deficiencia de oxígeno, producirse una inundación repentina y que no está diseñado para una ocupación continuada por parte del trabajador de acuerdo a la guía para le mejora de la gestión preventiva: trabajo en espacios confinados <sup>[18]</sup>)

---

En una atmósfera peligrosa existen sustancias inflamables o combustibles, sustancias tóxicas, oxígeno por debajo del 19.5% o superior al 23.5%, polvos combustibles o una visibilidad menor 1.5 metros y temperatura mayor a 37°C.

### 3.4. Desarrollo de la propuesta de evaluación

Para desarrollar la metodología se estudiarán todos los casos que puedan aparecer de acuerdo a las categorías de complejidad propuestas y existirán casos en los cuales sea posible descartar debido que algunas combinaciones no será posible realizar la medición de espesores.

Para simplificar la representación de los casos se asignarán abreviaturas las cuales se encuentran representadas en la tabla 7.

Tabla 7. Tipo de complejidad con abreviatura

<b>I. Complejidad por cantidad de trabajo</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Orden de complejidad</b>
Alta	AL	1
Media	ME	2
Baja	BA	3



---

---

## II. Complejidad por requisitos

### Abreviatura

#### administrativos

Grúas de canastilla	GC	1
Andamio	AN	2
Grúa articulada	GA	3
No requiere	NR	4

## III. Complejidad por equipo de protección personal

### Abreviatura

Equipo de protección persona 1	EPP1	1
Equipo de protección personal 2	EPP2	2
No requiere equipo de protección extra	EPP3	3

## IV. Complejidad por trabajo en espacio confinado

### Abreviatura

Requiere trabajo en espacio confinado	EC	1
---------------------------------------	----	---

---



---

1.- Cuando la planta se encuentre en un paro programado o no programado, no se encontraran lugares con altas temperaturas, debido a que la planta queda fuera de operación. Con esta suposición los casos que requieran el equipo de protección 2 (para altas temperaturas) en un paro de planta se anularan.

2.- Durante la medición de espesores en equipos de proceso siempre y cuando la actividad se realice en espacios confinados no se puede armar andamio.

3.- Mientras la planta se encuentre fuera de operación ya sea por paro programado o no programado, no se encontraran espacios tóxicos por lo consiguiente mientras que la planta este fuera de operación no aplicará utilizar el equipo de protección de tipo 1

4.- En el caso de que exista una cantidad alta de puntos de medición y que a su vez requiera andamio no será tomada en cuenta, esto es debido a que por practicidad es muy complicado se tendrían que montar varios andamios alrededor del equipo o estar quitando y poniendo el mismo.

5.- Cuando se vaya a realizar la actividad de espesores en un espacio confinado el uso de grúas ya sea de canastilla o articulada va a estar restringido por lo cual la utilización de estos requerimientos extras no será posible de utilizar.

6.- En los casos que sea una gran cantidad de puntos de medición y que estos a su vez requieran el uso de algún tipo de grúa (articulada o canastilla) mientras la planta está en operación serán anulados debido al alto riesgo de realizar la actividad por la cantidad de maniobras en altura, para realizarse mientras la planta este fuera de operación por lo cual los casos que están en esta condición.

---

7.- Un caso de medición de espesores de pared en equipos de proceso que por el riesgo que causa está prohibido hacer en los centros de trabajo es que en un espacio confinado no puedes ingresar con equipos de altas temperaturas. La temperatura máxima a ingresar en un espacio confinado son 37 °C de acuerdo al contrato de trabajo, por lo tanto en un ingreso a espacio confinado, se debe tener la certeza que la temperatura dentro no rebase a la permitida y con una temperatura inferior no se requiere protección extra de temperatura para ingresar.

La evaluación de los casos se realizó en conjunto con personal de la UNAM de amplia experiencia en campo que participó activamente en proyectos de implementación del SIMECELE y que cuenta con un amplio conocimiento del marco normativo de esta manera se surgieron 4 categorías de acuerdo a su complejidad, las cuales son las siguientes:

A: Planeación con alta anticipada

Los equipos que se encuentran dentro de esta categoría son los que tienen más dificultades para realizar la medición de espesores y que además se debe planear de dos a tres semanas de anticipación ya que la actividad requiere aditamentos extras para realizar el trabajo como grúa de tipo canastilla o equipos de protección personal. Son los trabajos que se hacen siempre que la planta esté operando.

Por lo cual son de un índice preventivo ya que se deben tomar en cuenta con anterioridad los puntos que se requieren para ver los permisos de trabajo o requisitos extras requeridos. Esta categoría es la cima de las cuatro y por coincidente la categoría de mayor complejidad.

B: Planeación con anticipación media

---

Este tipo de categoría es de complejidad alta. Las actividades de medición que espesores que entran dentro de esta categoría se deben realizar mientras la planta está operando, estos tipos de trabajos también de deben planear con una semana de anticipación ya que se pueden requerir andamio, grúa articulada y equipos de protección personal.

#### C: Planeación con anticipación baja

Esta categoría de complejidad es considerada de media complejidad, si el equipo a inspeccionar entra en esta categoría existe la posibilidad que requiera andamio o que también pueda ser un espacio confinado, así que debes tomar en cuenta ese tipo de cuestiones pero por lo mismo requiere de dos días de anticipación para realizar este tipo de trabajos.

#### D: No requiere planeación en especial

En esta categoría de trabajo se encuentran los trabajos que planeas cuando la planta está en paro de planta o también las actividades que no te generan problemas a la hora de realizar la inspección.

Esta categoría de complejidad baja son parte de los trabajos cotidianos que se pueden realizar el mismo día sin tomar en cuenta una planeación con anterioridad.

La tabla que se generó de cada caso con su respectivo índice de complejidad se encuentra en la tabla de calificación de casos <sup>[8]</sup> (ver anexo 8), en la cual los casos descartados también tiene un número el cual indica que suposición se utilizó para descartar el caso.

---

### **3.5. Desarrollo de una propuesta de un plan de implementación para todos los equipos de la planta**

Para generar una propuesta de implementación para todos los equipos de la planta se va definir como un plan de trabajo que como anteriormente se mencionó consiste en lo siguiente:

#### **1. Recopilar información**

La recopilación de información en un centro de trabajo consiste en revisar cada expediente de medición de espesores en el cual se encuentra el total de puntos a medir, en ocasiones las herramientas necesarias y notas como que la medición de espesores se debe realizar cuando la planta está fuera de operación.

La recopilación de información también consiste en revisar que herramientas tienen para desarrollar el trabajo y la disponibilidad de ellas, así como las condiciones en que realizan la medición de espesores como trabajo en espacio confinado, si se realiza un trabajo en altura saber qué tipo de herramienta necesita, equipos de protección personal, etc. El trabajo de recopilación tiene una duración aproximada de tres semanas.

#### **2. Definir variables de medición y subcategorías**

La definición de variables consiste en revisar que te afecta directamente a la tarea de medición de espesores, después de proponer ciertas ideas de las variables, se recomienda realizar una encuesta aplicada a los inspectores e ingenieros encargados

---

de la medición de espesores en los centros de trabajo con las propuestas de variables y finalmente dar las categorías finales. Este proceso de la metodología te lleva un tiempo aproximado de una semana.

### 3. Definir casos

La definición de casos parte de cruzar las variables de cada categoría y generas todos los eventos posibles que es una actividad que se puede realizar en un solo día.

### 4. Evaluación

La evaluación es el proceso en el cual se califican casos y se hacen las suposiciones con las cuales se llega a descartar algunos casos, posibles, esta parte de la propuesta es el resultado de una serie de debates entre expertos en el tema.

En el caso de esta metodología todos los equipos de proceso presentes en el “proceso de hidrosulfuración de naftas” pueden ser caracterizados dentro de uno de los cuatro índices de complejidad generados.

A continuación se presenta en la figura 13 un formato que se debe llenar cuando se hace la planeación anual de medición de espesores y con esto se prosigue a evaluar cada equipo que se requiera.

Formato para determinar el Índice de complejidad				
1				
Tipo de Equipo	Recipientes sujetos a presión o Atmosféricos		Cambiadores de Calor	
2				
Cantidad de puntos a medir	Número	Alta	Media	Baja
3				
Trabajo en altura	Grúa de Canastilla	Andamio	Grúa articulada	No requiere
4				
Equipo de protección personal	EPP1	EPP2	EPP3	
5				
Trabajo en espacio confinado	Si	No		
6				
condición de la planta	Operando	fuera de operación		
7				
Índice de complejidad de Inspección	A	B		D
NOTAS:				

Figura 13. Formato de secuencia para generar el ICI.



### 3.6. Reactor de hidrodesulfuración (C-2)

Condiciones de diseño y operación:

$$T_d = 399\text{ }^{\circ}\text{C} \quad P_d = 33.4\text{ kg/cm}^2$$

$$T_{op} = 352\text{ }^{\circ}\text{C} \quad P_{op} = 28.3\text{ kg/cm}^2$$

Diámetro= 126 pulg.

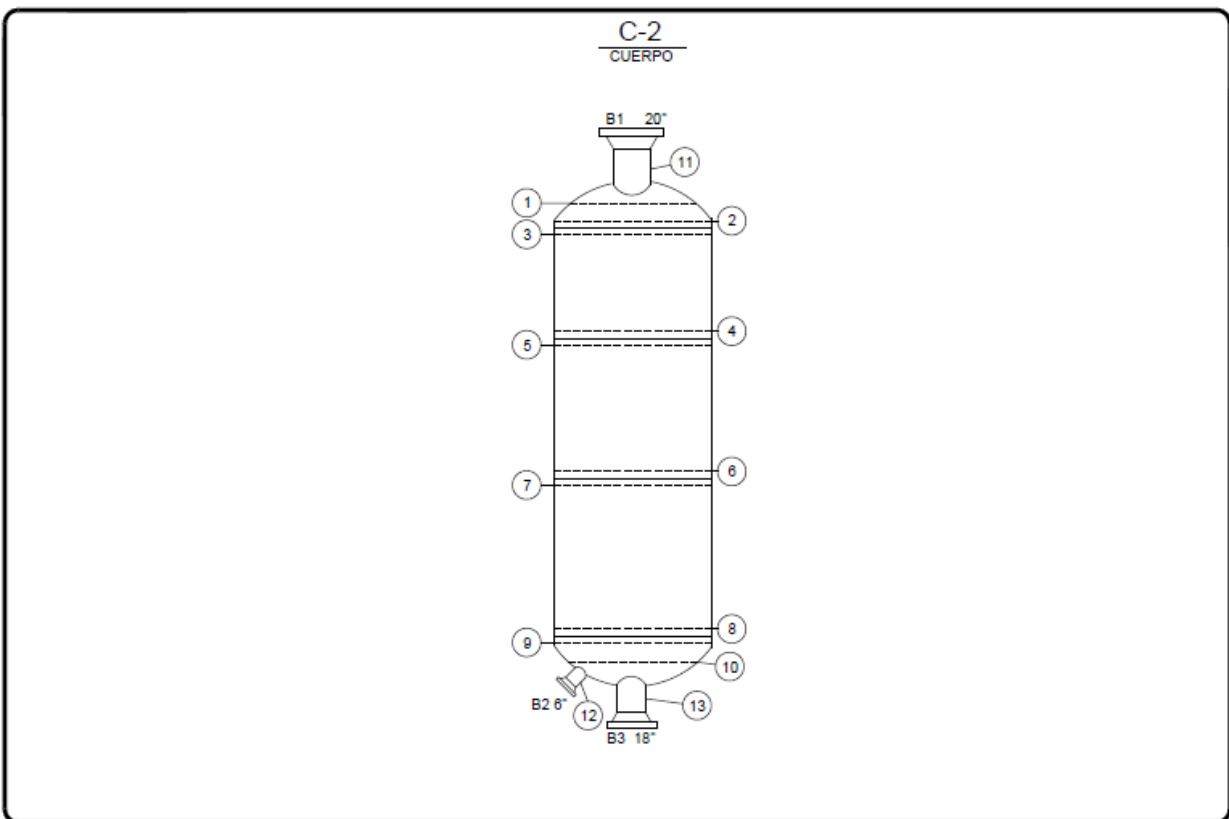


Figura 14. (C-2) Reactor de hidrodesulfuración.

Tabla 8. Índice de complejidad de C-2.

<b>Tipo de complejidad</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Abreviatura</b>
Cantidad de trabajo	172 puntos de medición	ME
Requisitos administrativos	Grúa articulada	GA
Equipo de protección	Equipo de protección 2	EPP2
Espacio confinado	No	NA
Operación de la planta	Operando	OP
<b>Índice de complejidad</b>	<b>B</b>	

Este caso corresponde al número 77 (ver tabla anexo 7)

Cuando toque realizar la medición de espesores de pared en este equipo de proceso se deben de tomar con una semana de anticipación los requerimientos necesarios que son una grúa articulada y el equipo de protección personal tipo 2 para de esta forma contar con todo lo indicado para realizar la actividad de la mejor forma y en tiempo.

### 3.7. Tanque separador de carga a desbutanizadora (C-4)

Condiciones de diseño y operación:

$$T_d = 157 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_d = 7.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_{op} = 143 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_{op} = 6.3 \text{ kg/cm}^2$$

Diámetro= 102 pulg.

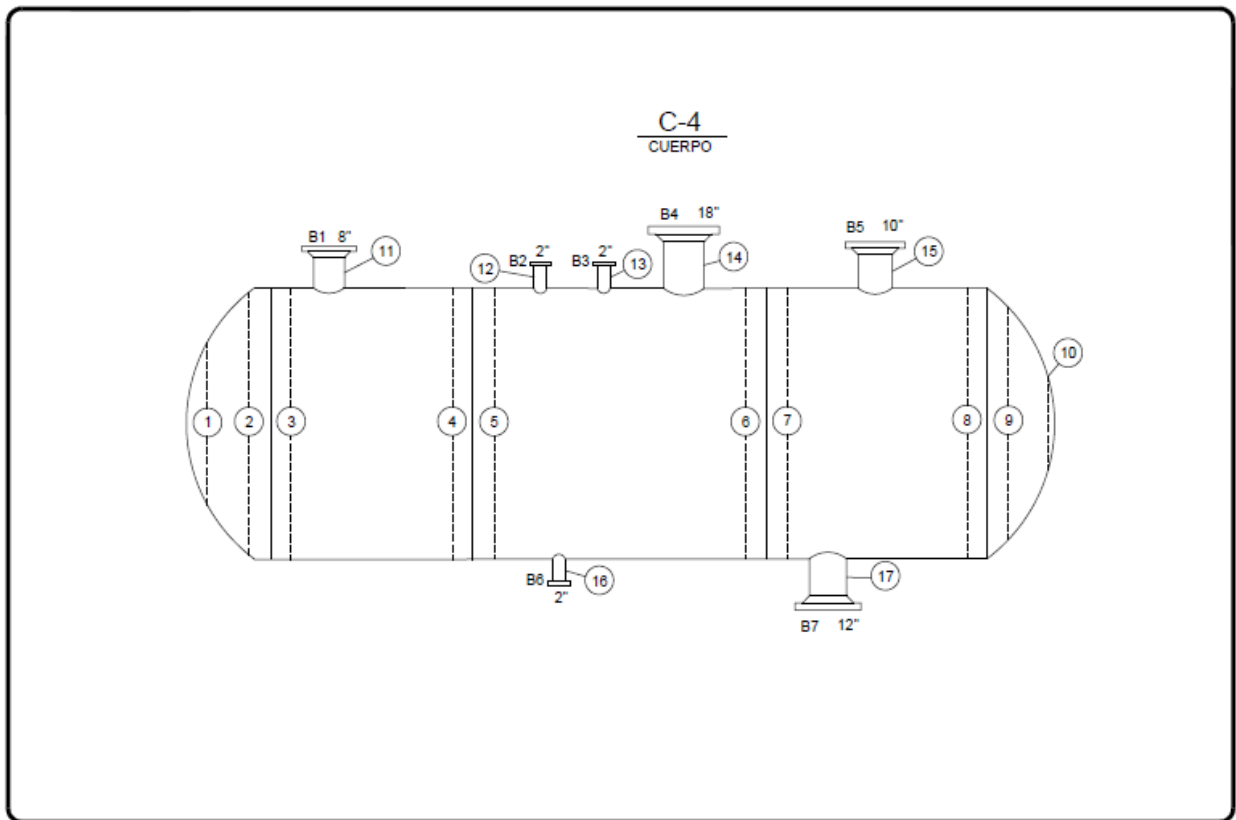


Figura 15. (C-4) Tanque separador de carga a desbutanizadora.

Tabla 9. Índice de complejidad de C-4.

<b>Tipo de complejidad</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Abreviatura</b>
Cantidad de trabajo	299 puntos de medición	ME
Requisitos administrativos	Andamio	AN
Equipo de protección	Equipo de protección 2	EPP2
Espacio confinado	No	NA
Operación de la planta	Operando	OP
<b>Índice de complejidad</b>	<b>B</b>	

Este caso corresponde al número 79 (ver tabla anexo 7)

Para realizar la inspección en este equipo se deben tomar en cuenta los requisitos necesarios que es solicitar un andamio y el equipo de protección personal tipo 2, el índice que dio como resultado es de tipo complejidad alta por la cantidad de puntos y los requisitos que necesitas para realizar la actividad.

Si se toma en cuenta esta sugerencia antes de realizar la inspección evitas las dificultades de no cumplir con el equipo adecuado para realizar la actividad.

### 3.8. Torre dehexanizadora (C-7)

Condiciones de diseño y operación:

$$T_d = 185 \text{ }^\circ\text{C} \quad P_d = 4.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_{op} = \text{Domo: } 143 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Fondo: } 147^\circ\text{C} \quad P_{op} = \text{Domo } 2.18 \text{ kg/cm}^2$$

Diámetro= 102 pulg.

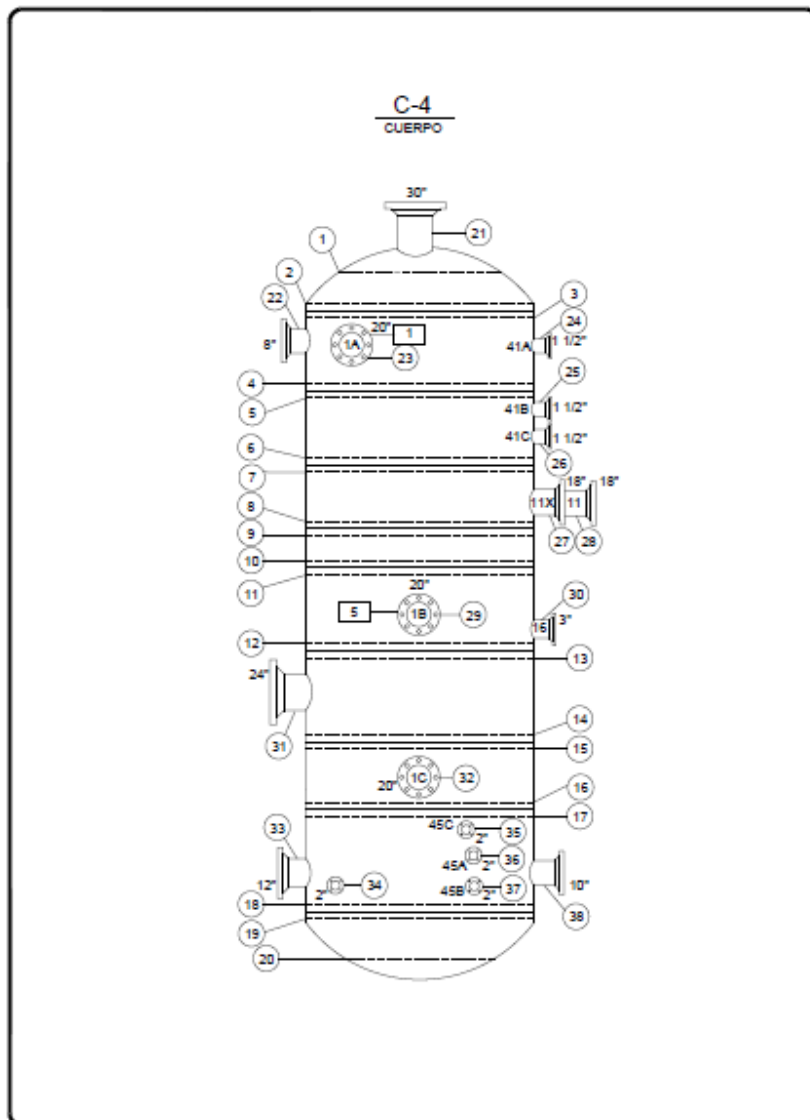


Figura 16. (C-4) Torre dehexanizadora C-7.

Tabla 10. Índice de complejidad de C-7.

<b>Tipo de complejidad</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Abreviatura</b>
Cantidad de trabajo	335 puntos de medición	AL
Requisitos administrativos	Grúa de canastilla	GC
Equipo de protección	Equipo de protección 3	EPP3
Espacio confinado	No	NA
Operación de la planta	Fuera de operación	PA
<b>Índice de complejidad</b>	<b>C</b>	

Este caso corresponde al número 42 (ver tabla anexo 7)

Cuando se miden espesores en este equipo se realiza durante un paro programado por la peligrosidad que genera la actividad si se realiza mientras la planta está operando y se debe tomar en cuenta que se requiere una grúa de canastilla.

### 3.9. Tanque acumulador de reflujo de torre desbutanizadora (C-6)

Condiciones de diseño y operación:

$$T_d = 121 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_d = 18.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_{op} = 87.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{op} = 16.5 \text{ kg/cm}^2$$

Diámetro= 66 pulg.

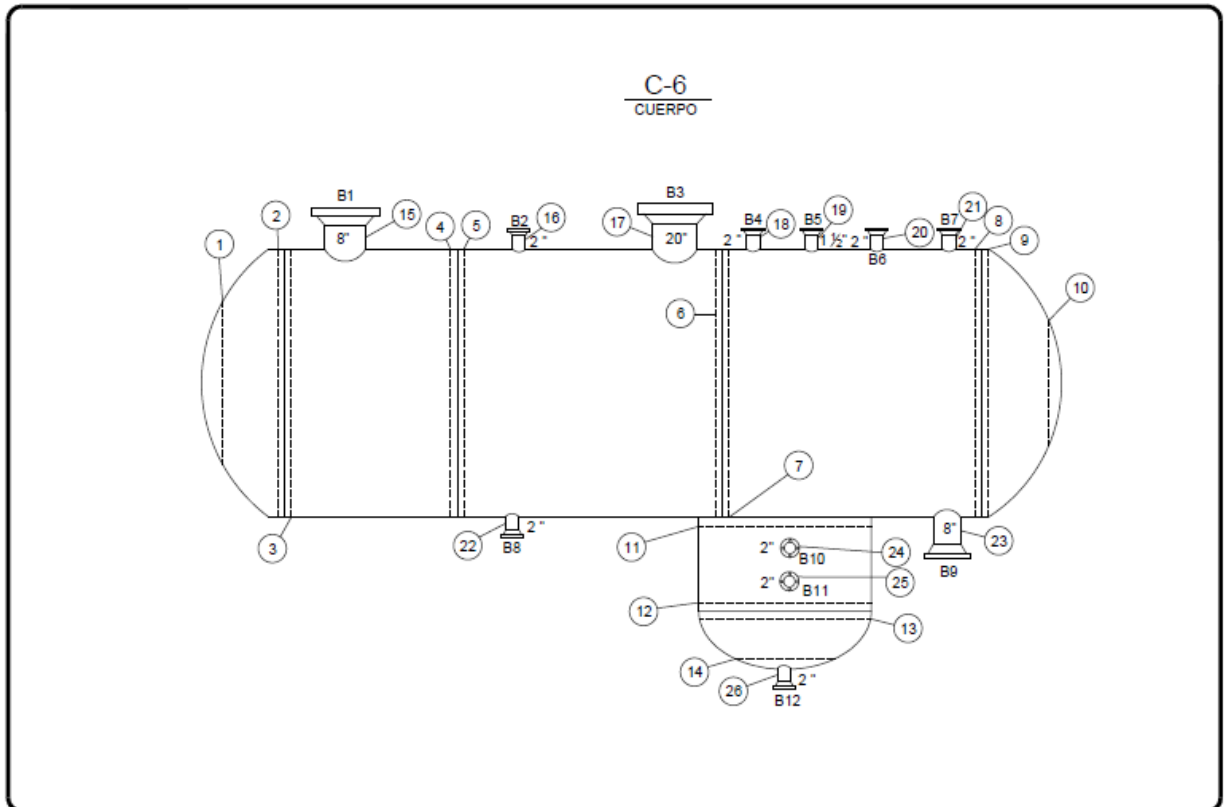


Figura 17. (C-6) Tanque acumulador de reflujo de torre desbutanizadora.

Tabla 11. Índice de complejidad de C-6.

<b>Tipo de complejidad</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Abreviatura</b>
Cantidad de trabajo	266 puntos de medición	ME
Requisitos administrativos	Ninguno	NR
Equipo de protección	Equipo de protección 3	EPP3
Espacio confinado	No	NA
Operación de la planta	Operando	OP
<b>Índice de complejidad</b>	<b>D</b>	

Este caso corresponde al número 96 (ver tabla anexo 7)

De acuerdo a las características que tiene esta inspección en particular se puede preparar el mismo día ya que no requiere nada extra, únicamente el personal capacitado para realizar la medición de espesores.



### 3.10. Condensador de torre desbutanizadora (E-3)

Condiciones de diseño y operación:

$$T_d = 121 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_d = 18.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_{op} = 66.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{op} = 16.5 \text{ kg/cm}^2$$

Diámetro= 37 pulg.

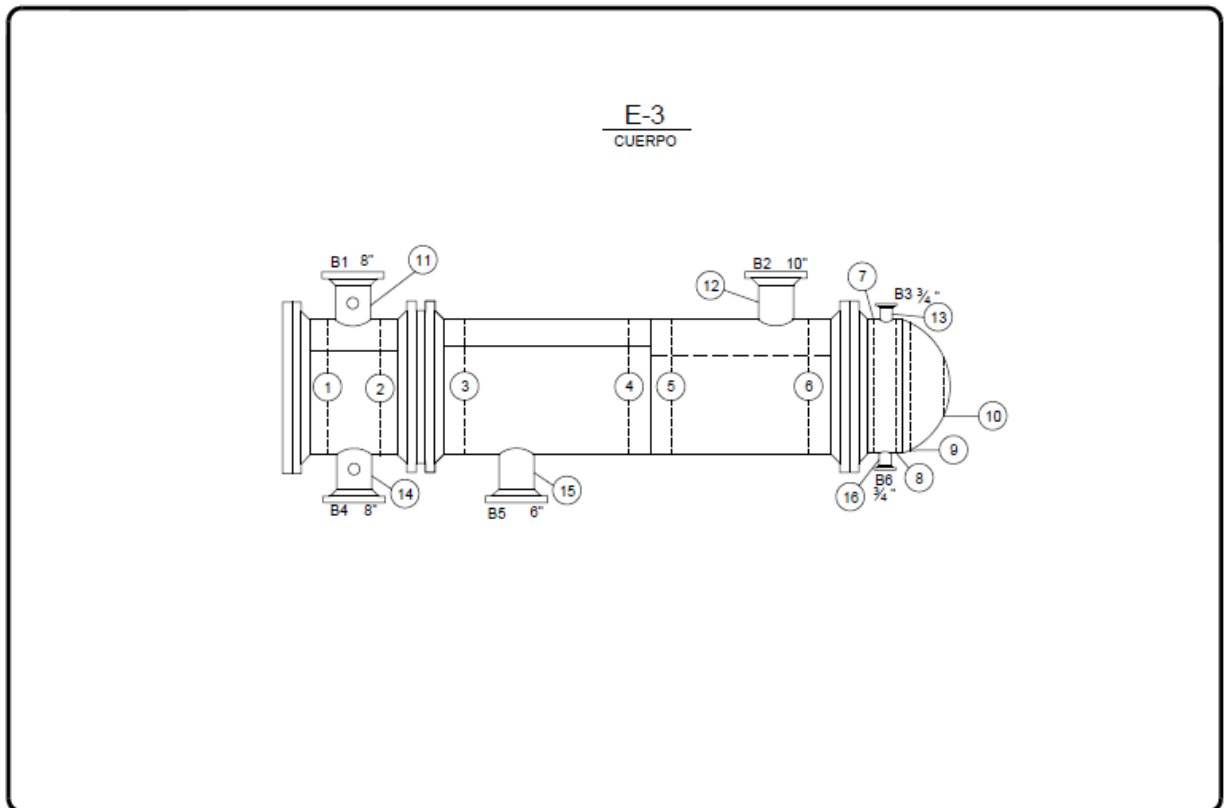


Figura 18. (E-3) Condensador de torre desbutanizadora.

Tabla 12. Índice de complejidad de E-3.

<b>Tipo de complejidad</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Abreviatura</b>
Cantidad de trabajo	126 puntos de medición	ME
Requisitos administrativos	Ninguno	NR
Equipo de protección	Equipo de protección 3	EPP3
Espacio confinado	No	NA
Operación de la planta	Operando	OP
<b>Índice de complejidad</b>	<b>D</b>	

Este caso corresponde al número 96 (ver tabla anexo 7)

Al realizar la medición de espesores de pared en este equipo no requiere una preparación previa ya que la ejecución se puede realizar el mismo porque no requiere ningún tipo de aditamento extra.

# CONCLUSIONES

---

En este trabajo se desarrolló una metodología para la determinación de un índice que englobe la complejidad del trabajo de inspección preventiva de espesores en equipos de proceso para la planta “Hidrodesulfuradora de naftas” de la refinería “Miguel Hidalgo”.

La metodología está fundamentada de acuerdo a bases teóricas registradas en las normas aplicables a la medición de espesores, en recomendaciones tomadas de la actividad en campo, en mejores prácticas recomendadas así como en la metodología de inspección basada en riesgo; Por lo cual podría ser aplicada a cualquier equipo de proceso de los existentes del proceso de hidrodesulfuración de naftas.

Esta metodología se puede expandir a otro sector de la refinería “Miguel Hidalgo” en todo caso considerando algunas otras variables dependiendo el sector así como también las restricciones que pueden existir.

Durante el desarrollo de la metodología se definieron las principales variables que afectan al trabajo de inspección de medición de espesores como categorías de complejidad de inspección: complejidad por cantidad de trabajo, complejidad por requisitos administrativos, complejidad por trabajo en espacio confinado y complejidad por operación de la planta (ver capítulo 3), pero estas no son todas las que pueden afectar ya que si se quiere expandir la aplicación de la metodología a otro sector de la refinería “Miguel Hidalgo” se tendría que agregarse o excluirse algunas variables con base a las necesidades de cada proceso.

La metodología propuesta en este trabajo en parte de su estructura consistió en clasificar a los equipos de acuerdo a los requisitos que se requieren para realizar su

---

medición preventiva de espesores, pero previamente se desarrollan todos los casos posibles realizando las combinaciones entre las diferentes categorías de complejidad ya teniendo definidos los casos (todos los casos posibles se pueden consultar en el Anexo 7 “Desarrollo de casos posibles”), es de fácil aplicación a equipos de proceso selecciona su categoría según el ICI y con este índice podría ayudar de una manera efectiva en la adecuada ejecución de la tarea de medición de espesores; impactando en una mejor administración a la hora de la programación de las fechas a realizar la inspección en equipos.

Para evaluar que esta propuesta resulte en una mejora para la planeación de los trabajos de inspección se deberá realizar su aplicación en campo de acuerdo a un plan de implementación el cual consiste en una serie de pasos desde recopilar información, definir variables de medición y subcategorías, definir casos y evaluarlos esta sería la secuencia para aplicarla a una planta de proceso, en este trabajo faltaría conocer los resultados generados de la implementación en planta y comprobar si como tal es de mucha ayuda para la programación de las actividades de medición de espesores. Con estos resultados obtenidos se podría trabajar en mejoras a futuro.

---

# **TRABAJO A FUTURO**

---

Se deben analizar con mayor profundidad otras variables que pueden intervenir en el ejecución oportuna de la inspección, como el tiempo que tardan los trámites administrativos, como la generación de los permisos de trabajo y la presentación de los comprobantes que avalan la calificación del personal que realizará dicha inspección.

Esta metodología depurada podría implementarse en el sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos de proceso (SIMECELE) que actualmente se está implantando en instalaciones de PEMEX Refinación, para prever los requisitos que se necesitarán cubrir para realizar una inspección, avisando con anticipación que cierta unidad de control requerirá inspección en fechas próximas y que dicha unidad tiene determinado índice de complejidad de inspección. Se propone incorporar mensajes como el siguiente:

*Se acerca la fecha de medir una unidad de control con un índice de complejidad alto por lo cual sugerimos que vaya haciendo los trámites requeridos para no tener problemas cuando llegue la fecha de próxima inspección.*

Este mensaje deberá ser enviado con un tiempo considerable y se repetiría cada mes hasta que llegue la fecha de la inspección.

La implementación de este programa sería fundamental para conocer los resultados de la propuesta, por lo tanto se podría establecer un programa para implementación del índice de complejidad de inspección en equipos de proceso en la refinería “Miguel Hidalgo” en la planta hidrosulfuradora de naftas.

---

## Bibliografía

### Normas Aplicables

[1] **GPASI-IT-209**: Procedimiento para efectuar la inspección de tuberías de proceso y servicios auxiliares en operación de las instalaciones de PEMEX refinación.

[2] **DG-SASIPA-IT-00204**: Guía para el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores.

[3] **GPI-IT-4200**: Procedimiento para el control de desgaste de niplería.

[4] **DG-GPPASI-IT-0903**: Procedimiento para efectuar la revisión de la tornillería de tuberías y equipos en las instalaciones en operación de PEMEX refinación.

[5] **API-570**: Código de inspección de tuberías.

[6] **NOM-017-STPS-2008**: Equipo de protección personal; Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

[7] **NMX-S-040**: Seguridad-guantes de flor de carnaza y combinado de flor y carnaza.

[8] **NMX-S-035**: Seguridad protectores auditivos

[9] **NOM-113-STPS-2009**: Seguridad-equipo de protección personal-calzado de protección- clasificación, especificaciones y métodos de prueba.

[10] **NOM-115-STPS-2009**: Cascos de protección clasificación, especificaciones y métodos de prueba.

[11] **NMX-S-013**: Norma de calidad para protectores faciales con pantalla.

[12] **NMX-S-002-SCFI**: Seguridad-respiradores purificadores de aire de cartuchos químicos especificaciones y métodos de prueba.



- 
- [13] **NMX-S-039-SCFI:** Guantes de protección contra sustancias químicas- especificaciones y métodos de prueba
- [14] **NRF-232-PEMEX-2010:** Ropa y trajes de protección contra ácido fluorhídrico
- [15] **API-580:** Inspección basada en riesgo.
- [16] **API-510:** Código de inspección para recipientes sujetos a presión.
- [17] **API-653:** Código de inspección para tanques atmosféricos.
- [18] Guía para la mejora de la gestión preventiva: trabajo en espacios confinados.











[6] SGIT-1-21: "Control de desgaste de niplera"

SGIT-1-21

<b>PETROLEOS MEXICANOS</b> SUBDIRECCION DE TRANSFORMACION INDUSTRIAL GERENCIA DE PROTECCION ECOLOGICA E INDUSTRIAL	CENTRO : _____ SECTOR : _____ PLANTA : _____
--	--

CONTROL DE DESGASTE DE NIPLERIA

DELUJO : _____				ARREGLO BASICO No. : _____						
CIRCUITO O EQUIPO : _____				DIAMETRO : _____						
REGISTRO DE CALIBRACIONES										
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALBRADA	1ra. CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	2da. CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	3ra. CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALBRADA	4ta. CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	5ta. CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	6ta. CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

OBSERVACIONES

---



---



---

---

[7] : “Desarrollo de casos posibles”

---

CASO	DESARROLLO	DESCRIPCIÓN
1	AL+GA+EPP1+EC+PA	Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.
2	AL+GC+EPP1+EC+PA	Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.
3	AL+AN+EPP1+EC+PA	Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 1. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.



---

---

4 AL+NR+EPP1+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.

5 AL+GA+EPP1+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

6 AL+GC+EPP1+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

---

---

**7** AL+AN+EPP1+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**8** AL+NR+EPP1+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**9** AL+GA+EPP1+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

---

---

**10** AL+GC+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**11** AL+AN+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**12** AL+NR+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 durante un paro de planta.

**13** AL+GA+EPP1+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---

---

**14** AL+GC+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

**15** AL+AN+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**16** AL+NR+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 cuando la planta está en operación.

**17** AL+GA+EPP2+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras hay un paro de planta.

---

---

**18** AL+GC+EPP2+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**19** AL+AN+EPP2+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**20** AL+NR+EPP2+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.

---

---

**21** AL+GA+EPP2+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de articulada así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

**22** AL+GC+EPP2+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere de una grúa de canastilla y también el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

**23** AL+AN+EPP2+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección personal tipo 2. El trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

24	AL+NR+EPP2+EC+OP	<p>Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 así como también se hace en un espacio confinado mientras la planta está en operación.</p>
25	AL+GA+EPP2+NA+PA	<p>Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.</p>
26	AL+GC+EPP2+NA+PA	<p>Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere de una grúa de canastilla y también el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.</p>
27	AL+AN+EPP2+NA+PA	<p>Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza durante un paro de planta.</p>

---

---

**28** AL+NR+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza durante un paro de planta.

**29** AL+GA+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**30** AL+GC+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**31** AL+AN+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.



---

---

**32** AL+NR+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**33** AL+GA+EPP3+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de articulada así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está fuera de operación.

**34** AL+GC+EPP3+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está fuera de operación.

---

---

**35**

AL+AN+EPP3+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está fuera de operación.

**36**

AL+NR+EPP3+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere utilizar el equipo de protección tipo 3. El trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está fuera de operación.

**37**

AL+GA+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de articulada así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

---

---

**38** AL+GC+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

**39** AL+AN+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**40** AL+NR+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

---

**41** AL+GA+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**42** AL+GC+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**43** AL+AN+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera operación.

**44** AL+NR+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 durante un paro de planta.

---

---

**45** AL+GA+EPP3+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**46** AL+GC+EPP3+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

**47** AL+AN+EPP3+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**48** AL+NR+EPP3+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 3. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---

---

**49** ME+GA+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**50** ME+GC+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**51** ME+AN+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 1. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

---

---

**52** ME+NR+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.

**53** ME+GA+EPP1+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**54** ME+GC+EPP1+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

**55** ME+AN+EPP1+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

---

---

**56** ME+NR+EPP1+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**57** ME+GA+EPP1+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**58** ME+GC+EPP1+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza durante un paro de planta.



---

**59** ME+AN+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**60** ME+NR+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 durante un paro de planta.

**61** ME+GA+EPP1+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**62** ME+GC+EPP1+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

---

---

**63** ME+AN+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**64** ME+NR+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 1. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**65** ME+GA+EPP2+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

66	ME+GC+EPP2+EC+PA	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.</p>
67	ME+AN+EPP2+EC+PA	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.</p>
68	ME+NR+EPP2+EC+PA	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.</p>
69	ME+GA+EPP2+EC+OP	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.</p>

70	ME+GC+EPP2+EC+OP	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.</p>
71	ME+AN+EPP2+EC+OP	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.</p>
72	ME+NR+EPP2+EC+OP	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.</p>
73	ME+GA+EPP2+NA+PA	<p>Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.</p>

---

---

**74** ME+GC+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**75** ME+AN+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**76** ME+NR+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 durante un paro de planta.

---

**77** ME+GA+EPP2+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**78** ME+GC+EPP2+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

**79** ME+AN+EPP2+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**80** ME+NR+EPP2+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---

**81** ME+GA+EPP3+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**82** ME+GC+EPP3+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**83** ME+AN+EPP3+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 3. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**84** ME+NR+EPP3+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.

---

---

**85** ME+GA+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**86** ME+GC+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

**87** ME+AN+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.



---

---

**88** ME+NR+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**89** ME+GA+EPP3+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**90** ME+GC+EPP3+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**91** ME+AN+EPP3+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

---

---

**92** ME+NR+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 durante un paro de planta.

**93** ME+GA+EPP3+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**94** ME+GC+EPP3+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad alta de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

**95** ME+AN+EPP3+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---

---

**96** ME+NR+EPP3+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad media de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 3. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**97** BA+GA+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**98** BA+GC+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

---

**99** BA+AN+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 1. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**100** BA+NR+EPP1+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.

**101** BA+GA+EPP1+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

---

---

**102** BA+GC+EPP1+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

**103** BA+AN+EPP1+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**104** BA+NR+EPP1+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**105** BA+GA+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

---

---

**106** BA+GC+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**107** BA+AN+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**108** BA+NR+EPP1+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 1 durante un paro de planta.

**109** BA+GA+EPP1+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---

---

**110** BA+GC+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

**111** BA+AN+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**112** BA+NR+EPP1+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 1. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**113** BA+GA+EPP2+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

---

---

**114** BA+GC+EPP2+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**115** BA+AN+EPP2+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**116** BA+NR+EPP2+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.

**117** BA+GA+EPP2+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.



---

---

**118** BA+GC+EPP2+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

**119** BA+AN+EPP2+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**120** BA+NR+EPP2+EC+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

---

---

**121** BA+GA+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**122** BA+GC+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**123** BA+AN+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**124** BA+NR+EPP2+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 2 durante un paro de planta.

---

---

**125** BA+GA+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**126** BA+GC+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

**127** BA+AN+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 2, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**128** BA+NR+EPP2+NA+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 2. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---

**129** BA+GA+EPP3+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**130** BA+GC+EPP3+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

**131** BA+AN+EPP3+EC+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio y también el equipo de protección tipo 3. El trabajo se realiza en un espacio confinado durante un paro de planta.

---

---

**132** BA+NR+EPP3+EC+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 así como también se hace en un espacio confinado durante un paro de planta.

**133** BA+GA+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**134** BA+GC+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza en un espacio confinado mientras la planta está en operación.

---

---

**135** BA+AN+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere de armar un andamio así como el equipo de protección tipo 1, el trabajo se realiza en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**136** BA+NR+EPP3+EC+OP

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 así como también se hace en un espacio confinado cuando la planta está en operación.

**137** BA+GA+EPP3+NA+PA

Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

---

---

**138** BA+GC+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza durante un paro de planta.

**139** BA+AN+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere armar un andamio así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está fuera de operación.

**140** BA+NR+EPP3+NA+PA Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual no requiere un requisito extra para realizar la medición de espesores, la actividad se realiza con el equipo de protección tipo 3 durante un paro de planta.

**141** BA+GA+EPP3+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa articulada así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---

---

**142** BA+GC+EPP3+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere grúa de canastilla así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza cuando la planta está en operación.

**143** BA+AN+EPP3+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere que se arme un andamio así como también el equipo de protección tipo 3, el trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

**144** BA+NR+EPP3+NA+OP Un equipo de proceso con una cantidad baja de puntos de medición el cual requiere el equipo de protección tipo 3. El trabajo se realiza mientras la planta está en operación.

---



**[8] : “Calificación de casos”**

<b>CASO</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
1	AL	GA	EPP1	EC	PA	3 y 5
2	AL	GC	EPP1	EC	PA	3 y 5
3	AL	AN	EPP1	EC	PA	3 y 4
4	AL	NR	EPP1	EC	PA	3
5	AL	GA	EPP1	EC	OP	5 y 6
6	AL	GC	EPP1	EC	OP	5 y 6
7	AL	AN	EPP1	EC	OP	2 y 4
8	AL	NR	EPP1	EC	OP	B
9	AL	GA	EPP1	NA	PA	3
10	AL	GC	EPP1	NA	PA	3
11	AL	AN	EPP1	NA	PA	3 y 4
12	AL	NR	EPP1	NA	PA	3
13	AL	GA	EPP1	NA	OP	6
14	AL	GC	EPP1	NA	OP	6
15	AL	AN	EPP1	NA	OP	4
16	AL	NR	EPP1	NA	OP	C
17	AL	GA	EPP2	EC	PA	1 y 5
18	AL	GC	EPP2	EC	PA	1 y 5
19	AL	AN	EPP2	EC	PA	1, 2 y 4
20	AL	NR	EPP2	EC	PA	1
21	AL	GA	EPP2	EC	OP	5 y 6
22	AL	GC	EPP2	EC	OP	5 y 6
23	AL	AN	EPP2	EC	OP	2 y 4
24	AL	NR	EPP2	EC	OP	7
25	AL	GA	EPP2	NA	PA	1
26	AL	GC	EPP2	NA	PA	1
27	AL	AN	EPP2	NA	PA	1 y 4
28	AL	NR	EPP2	NA	PA	1
29	AL	GA	EPP2	NA	OP	6
30	AL	GC	EPP2	NA	OP	6
31	AL	AN	EPP2	NA	OP	4
32	AL	NR	EPP2	NA	OP	B
33	AL	GA	EPP3	EC	PA	5
34	AL	GC	EPP3	EC	PA	5
35	AL	AN	EPP3	EC	PA	2 y 4
36	AL	NR	EPP3	EC	PA	C
37	AL	GA	EPP3	EC	OP	5 y 6
38	AL	GC	EPP3	EC	OP	5 y 6
39	AL	AN	EPP3	EC	OP	2 y 4

40	AL	NR	EPP3	EC	OP	B
41	AL	GA	EPP3	NA	PA	C
42	AL	GC	EPP3	NA	PA	C
43	AL	AN	EPP3	NA	PA	4
44	AL	NR	EPP3	NA	PA	D
45	AL	GA	EPP3	NA	OP	6
46	AL	GC	EPP3	NA	OP	6
47	AL	AN	EPP3	NA	OP	4
48	AL	NR	EPP3	NA	OP	C
49	ME	GA	EPP1	EC	PA	3 y 5
50	ME	GC	EPP1	EC	PA	3 y 5
51	ME	AN	EPP1	EC	PA	2 y 3
52	ME	NR	EPP1	EC	PA	3
53	ME	GA	EPP1	EC	OP	5
54	ME	GC	EPP1	EC	OP	5
55	ME	AN	EPP1	EC	OP	2
56	ME	NR	EPP1	EC	OP	B
57	ME	GA	EPP1	NA	PA	3
58	ME	GC	EPP1	NA	PA	3
59	ME	AN	EPP1	NA	PA	3
60	ME	NR	EPP1	NA	PA	3
61	ME	GA	EPP1	NA	OP	B
62	ME	GC	EPP1	NA	OP	A
63	ME	AN	EPP1	NA	OP	B
64	ME	NR	EPP1	NA	OP	D
65	ME	GA	EPP2	EC	PA	1 y 5
66	ME	GC	EPP2	EC	PA	1 y 5
67	ME	AN	EPP2	EC	PA	1 y 2
68	ME	NR	EPP2	EC	PA	1
69	ME	GA	EPP2	EC	OP	5
70	ME	GC	EPP2	EC	OP	5
71	ME	AN	EPP2	EC	OP	2
72	ME	NR	EPP2	EC	OP	7
73	ME	GA	EPP2	NA	PA	1
74	ME	GC	EPP2	NA	PA	1
75	ME	AN	EPP2	NA	PA	1
76	ME	NR	EPP2	NA	PA	1
77	ME	GA	EPP2	NA	OP	B
78	ME	GC	EPP2	NA	OP	A
79	ME	AN	EPP2	NA	OP	B
80	ME	NR	EPP2	NA	OP	D
81	ME	GA	EPP3	EC	PA	5
82	ME	GC	EPP3	EC	PA	5

<b>83</b>	ME	AN	EPP3	EC	PA	2
<b>84</b>	ME	NR	EPP3	EC	PA	C
<b>85</b>	ME	GA	EPP3	EC	OP	5
<b>86</b>	ME	GC	EPP3	EC	OP	5
<b>87</b>	ME	AN	EPP3	EC	OP	2
<b>88</b>	ME	NR	EPP3	EC	OP	B
<b>89</b>	ME	GA	EPP3	NA	PA	C
<b>90</b>	ME	GC	EPP3	NA	PA	C
<b>91</b>	ME	AN	EPP3	NA	PA	C
<b>92</b>	ME	NR	EPP3	NA	PA	D
<b>93</b>	ME	GA	EPP3	NA	OP	C
<b>94</b>	ME	GC	EPP3	NA	OP	C
<b>95</b>	ME	AN	EPP3	NA	OP	C
<b>96</b>	ME	NR	EPP3	NA	OP	D
<b>97</b>	BA	GA	EPP1	EC	PA	3 y 5
<b>98</b>	BA	GC	EPP1	EC	PA	3 y 5
<b>99</b>	BA	AN	EPP1	EC	PA	2 y 3
<b>100</b>	BA	NR	EPP1	EC	PA	C
<b>101</b>	BA	GA	EPP1	EC	OP	5
<b>102</b>	BA	GC	EPP1	EC	OP	5
<b>103</b>	BA	AN	EPP1	EC	OP	2
<b>104</b>	BA	NR	EPP1	EC	OP	B
<b>105</b>	BA	GA	EPP1	NA	PA	3
<b>106</b>	BA	GC	EPP1	NA	PA	3
<b>107</b>	BA	AN	EPP1	NA	PA	3
<b>108</b>	BA	NR	EPP1	NA	PA	3
<b>109</b>	BA	GA	EPP1	NA	OP	B
<b>110</b>	BA	GC	EPP1	NA	OP	A
<b>111</b>	BA	AN	EPP1	NA	OP	B
<b>112</b>	BA	NR	EPP1	NA	OP	D
<b>113</b>	BA	GA	EPP2	EC	PA	1 y 5
<b>114</b>	BA	GC	EPP2	EC	PA	1 y 5
<b>115</b>	BA	AN	EPP2	EC	PA	1 y 2
<b>116</b>	BA	NR	EPP2	EC	PA	1
<b>117</b>	BA	GA	EPP2	EC	OP	5
<b>118</b>	BA	GC	EPP2	EC	OP	5
<b>119</b>	BA	AN	EPP2	EC	OP	2
<b>120</b>	BA	NR	EPP2	EC	OP	7
<b>121</b>	BA	GA	EPP2	NA	PA	1
<b>122</b>	BA	GC	EPP2	NA	PA	1
<b>123</b>	BA	AN	EPP2	NA	PA	1
<b>124</b>	BA	NR	EPP2	NA	PA	1
<b>125</b>	BA	GA	EPP2	NA	OP	B

126	BA	GC	EPP2	NA	OP	A
127	BA	AN	EPP2	NA	OP	B
128	BA	NR	EPP2	NA	OP	D
129	BA	GA	EPP3	EC	PA	5
130	BA	GC	EPP3	EC	PA	5
131	BA	AN	EPP3	EC	PA	2
132	BA	NR	EPP3	EC	PA	C
133	BA	GA	EPP3	EC	OP	5
134	BA	GC	EPP3	EC	OP	5
135	BA	AN	EPP3	EC	OP	2
136	BA	NR	EPP3	EC	OP	B
137	BA	GA	EPP3	NA	PA	C
138	BA	GC	EPP3	NA	PA	C
139	BA	AN	EPP3	NA	PA	C
140	BA	NR	EPP3	NA	PA	D
141	BA	GA	EPP3	NA	OP	C
142	BA	GC	EPP3	NA	OP	C
143	BA	AN	EPP3	NA	OP	C
144	BA	NR	EPP3	NA	OP	D

1.- Cuando la planta se encuentre en un paro programado o no programado, no se encontraran lugares con altas temperaturas, debido a que la planta queda fuera de operación. Con esta suposición los casos que requieran el equipo de protección 2 (para altas temperaturas) en un paro de planta se anularan.

2.- Durante la medición de espesores en equipos de proceso siempre y cuando la actividad se realice en espacios confinados no se puede armar andamio.

3.- Mientras la planta se encuentre fuera de operación ya sea por paro programado o no programado, no se encontraran espacios tóxicos por lo consiguiente mientras que la planta este fuera de operación no aplicará utilizar el equipo de protección de tipo 1.

4.- En el caso de que exista una cantidad alta de puntos de medición y que a su vez requiera andamio no será tomada en cuenta, esto es debido a que por practicidad es

---

muy complicado se tendrían que montar varios andamios alrededor del equipo o estar quitando y poniendo el mismo.

5.- Cuando se vaya a realizar la actividad de espesores en un espacio confinado el uso de grúas ya sea de canastilla o articulada va a estar restringido por lo cual la utilización es estos requerimientos extras no será posible de utilizar.

6.- En los casos que sea una gran cantidad de puntos de medición y que estos a su vez requieran el uso de algún tipo de grúa (articulada o canastilla) mientras la planta está en operación serán anulados debido a la peligrosidad, para realizarse mientras la planta este fuera de operación.

7.- Un caso de medición de espesores de pared en equipos de proceso que por el riesgo que causa está prohibido hacer en los centros de trabajo es que en un espacio confinado no puedes ingresar con equipos de altas temperaturas. La temperatura máxima a ingresar en un espacio confinado son 37 °C de acuerdo al contrato de trabajo, por lo tanto en un ingreso a espacio confinado, se debe tener la certeza que la temperatura dentro no rebase a la permitida y con una temperatura inferior no se requiere protección extra de temperatura para ingresar.