



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**

Evaluación del estado operacional de un estanque acumulador de vapor.

Seminario de Título presentado en
conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero de
Ejecución en Mecánica.

**Profesor Guía:
Sr. Osvaldo Amigo Riquelme**

Roberto Antonio Caroca Rodríguez
Rodrigo Andrés Vallejo Castro

CONCEPCION - CHILE
2014

AGRADECIMIENTOS

En esta etapa tan importante de nuestra época universitaria, queremos agradecer a nuestros padres por entregarnos la mejor herramienta para enfrentar la vida “La Educación” y que con sus esfuerzos hoy se cumple esa meta tan añorada.

RESUMEN

La planta paneles Nueva Aldea, luego de sufrir daños importantes y pérdida casi total de sus equipos a causa de un incendio, tiene la necesidad de analizar e inspeccionar el estado de funcionamiento de un estanque de almacenamiento de vapor, el cual presumiblemente se encuentra en buen estado.

Por lo anterior la planta tomó la decisión de realizar una licitación abierta a empresas de Ingeniería y Control de Calidad para realizar un plan de inspección basado en la normativa internacional, que le permita fijar un procedimiento estándar y universal que simplifique y reduzca los tiempos de evaluación de la operatividad del equipo.

Globaltech Ltda., es la empresa que se adjudicó el proyecto para realizar la planificación y la ejecución del análisis funcional de los equipos y cuya misión es brindar soluciones en cuanto a asesorías y control de calidad en el mundo industrial, abarcando principalmente el área de mantenimiento y montaje.

El contenido de este proyecto estará basado en la creación de planes de inspección del estanque acumulador de vapor de la línea 1 de paneles Arauco, Planta Nueva Aldea. Además se realizará un levantamiento que consiste en el dimensionamiento y estado espacial de un estanque acumulador de vapor con sus respectivas singularidades, el cual no existen antecedentes, y que requieren de un modelamiento en 3D debido a su antigüedad y las modificaciones que presenta por motivos de operatividad.

Además se indicarán cuáles serán los ensayos no destructivos a utilizar y los procedimientos con la normativa vigente.

Tabla de Contenidos

Introducción	3
Objetivos	32
Capítulo I: Marco teórico.	
1.1. Teoría del Mantenimiento	33
1.2. Mantenimiento	33
1.3. Objetivos del Mantenimiento	44
1.4. Tipos de Mantenimiento	44
1.4.1. Mantenimiento Correctivo.....	4
1.4.2. Mantenimiento Preventivo	5
1.4.3. Mantenimiento Predictivo o Sintomático.....	66
1.5. Práctica de Mantenimiento para propuesta de Planes de Inspección	7
1.5.1. Mantenimiento Preventivo	7
1.5.2. Plan de Inspección	7
1.5.3. Ensayos No Destructivos.....	8
1.6. END a Utilizar en Propuesta de Plan de inspección.....	10
Capítulo II: Proceso productivo.	
2.1. Generación de electricidad.....	11
2.1.1. Circuito de combustible	12
2.1.2. Circuito de agua-vapor	12
2.1.3. Circuito de energía eléctrica	13
2.2. Recuperación y energía.....	14

2.2.1. Caldera de poder	15
2.2.2. Caldera recuperadora.....	15

Capítulo III: Importancia del Estanque Acumulador de Vapor

3.1. Acumulador de vapor. Definición.....	16
3.1.1. Ventajas de Operación	17
3.2. Funcionamiento del Estanque Acumulador	17
3.3. Fallas en Estanques a Presión	18

Capítulo IV: Planteamiento de la inspección en terreno

4.1. Levantamiento de equipo y accesorios.....	21
4.2. Recolección de documentación técnica	21
4.3. Levantamiento en terreno.....	22
4.3.1. Ubicación geográfica	22
4.3.2. Dimensionamiento.....	23
4.3.3. Temperatura real de funcionamiento.....	27
4.3.4 Elaboración planos y maquetas en 3D	27

Capítulo V: Generación de plan de inspección

5.1. Preparación para la inspección	28
5.2. Inspección para detectar fallas o defectos.....	29
5.3. Inspección interna	30
5.3.1. Inspección de las partes principales	31
5.3.2. Manto interior del estanque	32
5.3.3. Ductos rociadores.....	33
5.4. Inspección externa	34

5.4.1. Manto exterior del estanque	35
5.4.2. Líneas periféricas desde la caldera al acumulador de vapor	36
5.5. Procedimiento medición de espesores	37
5.5.1. Desarrollo de la inspección.....	37
5.5.2. Desarrollo de croquis para reporte de recipientes inspeccionados	38
5.6. Líquidos penetrantes	47
5.6.1. Procedimiento aplicación líquidos penetrantes.....	47
5.7. Propuesta y resultados de plan de inspección del estanque acumulador	51
Conclusiones	69
Bibliografía	71

Introducción

El estanque acumulador de vapor de paneles Arauco cumple una función fundamental en un sistema de producción de vapor, otorgando la principal reserva energética en forma de vapor y respondiendo a la demanda en las puntas de consumo para tener una buena calidad del vapor, una presión constante y favorecer el ahorro de energía, puesto que el quemador de la caldera funciona progresiva y racionalmente. Este equipo es realmente útil cuando existen variaciones repentinas en la demanda de vapor que exceden la producción máxima de la caldera. Está ubicado en un sector estratégico aledaño a la caldera, con el fin de perder la menor cantidad de calor en el tramo desde la caldera hasta el estanque.

Para poder lograr inspeccionar el estado estructural y funcional del estanque acumulador de vapor se deberán aplicar técnicas de mantención preventiva, como la aplicación de ensayos no destructivos, con el fin de no comprometer el estado del equipo.

Para lograr buenos resultados de este tipo de ensayos y determinar cuáles serán los correctos, es imperativo realizar planes de inspección claros y precisos que contengan un levantamiento, diseños en CAD y modelamientos en 3D que especifiquen claramente los datos necesarios para tener registros del estado del estanque.

Objetivos.

Objetivo General.

Evaluar el estado funcional y estructural de un estanque acumulador de vapor utilizado en paneles Arauco, Planta Nueva Aldea.

Objetivos específicos.

- Detallar especificaciones técnicas de los accesorios del estanque de vapor.
- Realizar un plan de inspección universal a utilizar como modelo para mantenciones futuras.
- Detectar fallas más comunes y sus posibles causas.
- Realizar un Levantamiento General, verificando la ubicación geográfica y dimensionamiento de las distintas partes del equipo.
- Evaluar y definir el tipo de inspección más adecuado (Ensayos END).
- Modelación del estanque y accesorios en 3D.
- Mejorar la confiabilidad de los equipos.

CAPITULO I: Marco teórico

1.1. Teoría del Mantenimiento

El mantenimiento es un costo necesario para evitar o reducir al máximo los fallos y su incidencia cuando se producen, puesto que una parada de producción representa un costo de oportunidad que debe ser eliminado.

El mantenimiento está compuesto por todas aquellas acciones que minimizan los fallos y restablecen el funcionamiento normal del sistema cuando se produce un estado de fallo, resultando una actividad imprescindible en la capacidad de producción. Como la capacidad de producción depende directamente de la disponibilidad de las máquinas, las averías o mal funcionamiento provocarán el incumplimiento en los plazos de entrega al no haber sido contemplado por producción.

Así surge la gestión del mantenimiento como todas aquellas actividades de diseño, planificación y control destinadas a minimizar todos los costos asociados al mal funcionamiento de los equipos, realizando estudios de renovación de equipos, modificaciones que ayuden a fiabilizar y flexibilizar el funcionamiento y capacitación de personal de producción para la realización de funciones de mantenimiento.

1.2 Mantenimiento

Se define como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

1.3. Objetivos del Mantenimiento

El principal objetivo del mantenimiento es la conservación y reparación de los equipos para asegurar que estén en condiciones operativas y seguras de funcionamiento, para lo cual deben tender a:

- Lograr maximizar la disponibilidad de los equipos, teniendo la seguridad que mantendrán sus características iniciales, dentro de un marco de conveniencia económica a largo plazo.
- Mantener los equipos e instalaciones en buen estado de funcionamiento, disminuyendo la frecuencia de las fallas y los tiempos de paro, al aplicar el mantenimiento preventivo adecuado.
- Asegurar la protección de las instalaciones y equipos, y especialmente procurar la seguridad al personal de operación y mantención.
- Estabilizar el comportamiento del equipo y sus parámetros, al aplicar un adecuado mantenimiento tanto en frecuencia como en intensidad.

1.4. Tipos de Mantenimiento

1.4.1. Mantenimiento Correctivo

Se define como una serie de acciones de mantenimiento destinadas a corregir la falla cuando esta se produce, es decir la acción de mantenimiento correrá cuando se produce la falla.

La mantención correctiva puede dividirse en dos amplias categorías:

Reparación planeada: En primer lugar, que todos los recursos necesarios para realizar las tareas han sido planeadas previamente y están disponibles, y en segundo lugar, que el trabajo se llevara a cabo de acuerdo con un programa establecido.

Reparación no planeada: Puede tener disponible un conjunto de instrucciones normales, puede tener a la mano los trabajadores y piezas necesarias, o puede estar insertado en un programa de mantenimiento bajo una base “justo a tiempo” pero no cumple con los criterios de planeación ni de programación previa.

1.4.2. Mantenimiento Preventivo

Se define como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para el que fue creado un activo. Estos trabajos que son de mayor o menor magnitud, suelen ser definidos en base a manuales que suministran los fabricantes de los equipos, para luego irse perfeccionando con la experiencia propia de la empresa.

Usualmente la frecuencia de mantenimiento preventivo se va regulando en función de los resultados de un plan de inspección o de la experiencia de anteriores reparaciones.

Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o las condiciones del equipo.

Es el enfoque preferido frente al mantenimiento correctivo por cuatro razones principales:

- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajuste, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, las inspecciones y las mediciones periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto domino en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.
- Podemos vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una máquina, el que puede detectar el aviso de una falla inminente.
- Finalmente, hay importantes diferencias de costos tanto directos como indirectos, debido a que una interrupción no planeada, a menudo, provoca un gran daño tanto a los programas de producción como a la producción misma. Por otro lado, el costo real de un mantenimiento de emergencia es

mayor que uno planeado, por lo que la calidad de reparación puede verse afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia.

Objetivo del Mantenimiento Preventivo

Aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado.

¿Qué logra el mantenimiento preventivo?

- Prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia
- Reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias
- Proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada
- Puede reducir el costo global de la administración de los activos.

Acciones típicas del Mantenimiento Preventivo

Los trabajos consisten básicamente en limpieza, lubricación, inspecciones, ajustes menores y otras acciones además del cambio de elementos utilizando el concepto de vida útil indicada por el fabricante de dicho elemento o calculando además por experiencia.

1.4.3. Mantenimiento Predictivo o Sintomático

Es el servicio de seguimiento del desgaste de una pieza o un componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimaciones hechas por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esa pieza o componente y determinar el punto exacto de cambio.

Detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en producción. Está basado en inspecciones, medidas y control de nivel de condiciones de los equipos.

Los aparatos e instrumentos que se utilizan son de naturaleza variada y pueden encontrarse incorporados en los equipos de control de procesos (automáticos), a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumentos específicos.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo

Este sistema garantiza el mejor cumplimiento de las exigencias de mantenimiento dado que se logra:

- Menores paradas de máquinas, ya sea por programas de paradas preventivas o por roturas aleatorias.
- Mayor calidad y eficiencia de las maquinas e instalaciones
- Garantiza la seguridad y la protección del medio ambiente.
- Reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento.

1.5. Practica de Mantenimiento para propuesta de Planes de Inspección

1.5.1. Mantenimiento Preventivo

El tipo de mantenimiento requerido para ejecutar la propuesta de trabajo es el mantenimiento preventivo, en donde se realizaran técnicas de inspección denominadas ensayos no destructivos, los cuales para su aplicación se necesitará contar con paradas de líneas debido a que los equipos utilizados para estas técnicas requieren de ciertos parámetros, temperatura, limpieza, etc. Ejemplo las tintas penetrantes tienen limitaciones de temperatura entre 5 y 50 °C.

1.5.2. Plan de inspección

Los planes de inspección son aquellas acciones específicas, para verificar la condición en que se encuentran los equipos .una vez que se haya detenido su operación, a objeto de determinar las modificaciones o los trabajos de reparación que requieren, para garantizar la próxima corrida con máxima confiabilidad.

Estos incluyen toda la información necesaria para efectuar una adecuada inspección del equipo para que sea registrada a futuro.

1.5.3. Ensayos No Destructivos

Un Ensayo No Destructivo consiste en la aplicación de ciertas pruebas sobre un objeto. Para verificar su calidad sin modificar sus propiedades y estado original. Estas pruebas, permitirán detectar y evaluar discontinuidades o propiedades de los materiales sin modificar sus condiciones de uso o aptitud para el servicio. Los END están basados en principios físicos y de su aplicación se obtienen los resultados necesarios para establecer un diagnóstico del estado o de la Calidad del objeto inspeccionado.

Los resultados no se muestran en forma absoluta, sino que deben ser interpretados a partir de las indicaciones propias de cada método.

Objetivos

Técnico:

- Asegurar Calidad y Confiabilidad.
- Contribuir al desarrollo de materiales.
- Controlar los procesos de fabricación.
- Mantener uniformidad de productos.
- Realizar seguimientos predictivos.

De Seguridad:

- Prevenir accidentes.

Económicos:

- Producir beneficios

Áreas de Aplicación

•Control de Calidad.

- Detección de discontinuidades y defectos.
- Caracterización de materiales.
- Metrología dimensional.

•Mantenimiento de instalaciones y equipos.

- Establecer condiciones de trabajo en estructuras y componentes
- Establecer condiciones de vida residual de equipos.

Clasificación de los métodos de END

•Métodos Específicos.

- Inspección visual.
- Líquidos penetrantes.
- Partículas magnéticas.
- Corrientes inducidas.
- Ensayo de pérdidas.
- Ultrasonido.
- Radiografía.

•Métodos Especiales.

- Análisis de vibraciones.
- Emisión acústica.
- Extensometría y tensiones residuales.
- Métodos ópticos.
- Termografía infrarroja

1.6. Ensayos no Destructivos a Utilizar en Propuesta de plan de inspección

Los tipos de ensayos no destructivos a realizar en propuesta de plan de inspección están respaldados a través de la norma ASME VIII¹ la cual se basa en estanques y líneas a presión de calderas.

El personal que realice este tipo de inspecciones debe estar calificado con diferentes tipos de niveles los cuales son:

•Niveles.

I – Operador de END, certificado para seguir una instrucción escrita e informar las indicaciones halladas durante la inspección.

II – Elabora instrucciones escritas interpretando procedimientos y normas, evalúa indicaciones.

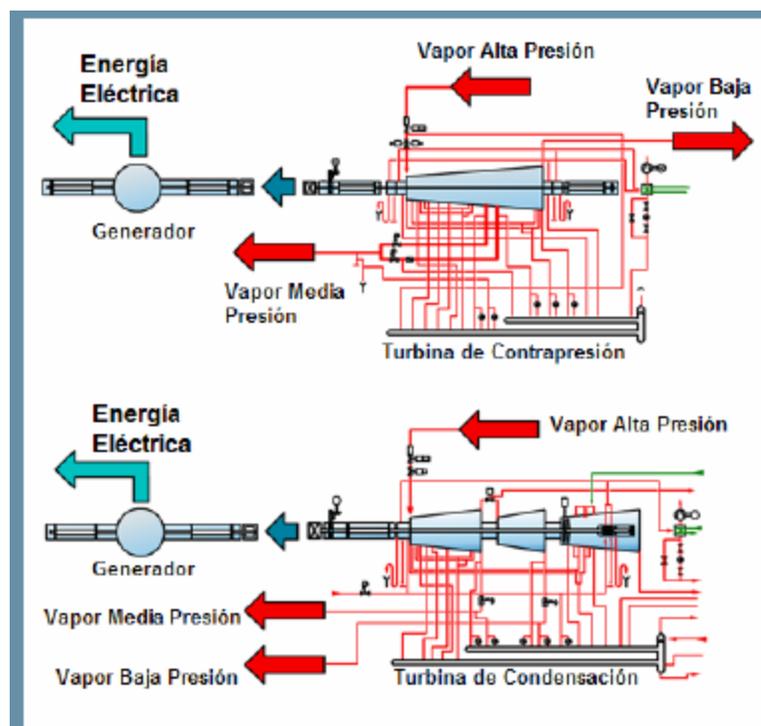
III – Conocimiento general de las técnicas de END. Elabora procedimientos, capacita operadores, es responsable de las actividades y resultados del sistema END.

¹ Norma ASME VIII (Código de Calderas y Recipientes a Presión de la ASME), div 1.1 cuyo propósito establecer requerimientos uniformes de seguridad para la inspección de calderas y envases a presión localizados en las instalaciones o a bordo de los equipos flotantes de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), logrando con ello, la debida protección de las personas, equipos e instalaciones.

CAPITULO II: Proceso productivo

2.1 Generación de electricidad

El vapor generado tanto en la caldera recuperadora como en las calderas de poder es conducido hacia la turbina de vapor, que transforma la energía calorífica en energía mecánica rotatoria mediante la expansión del vapor, y posteriormente en energía eléctrica a través de un turbogenerador donde se produce la energía eléctrica que se transportará a través de las líneas correspondientes para los procesos de la planta industrial o para su venta al Sistema Interconectado Central; luego, el vapor a presión y temperatura más baja, es usado para calefacción de diferentes procesos dentro de la Planta. Finalmente el vapor de agua proveniente de la turbina es transformado en líquido en el condensador, y de ahí es enviado nuevamente al tanque de alimentación, cerrándose así el circuito principal del agua en la Planta.



Proceso Generación de Electricidad mediante una turbina.

Las centrales térmicas de vapor comprenden tres partes constructivas esenciales:

1. Sala de calderas
2. Sala de máquinas
3. Sala de distribución

Y además, los intercambios de energía se realizan utilizando tres clases de circuitos principales y varios auxiliares.

2.1.1 Circuito de combustible.

El combustible se quema en el hogar, constituido por un recinto cerrado por paredes de mampostería, en las que, generalmente, se encuentran los canales de circulación del aire necesario para la combustión. Después de calentar la caldera donde, tiene lugar la vaporización del agua, los gases residuales de la combustión o humos pasan a un conducto para ser eliminados al exterior. Como estos gases aún están calientes, puede aprovecharse la energía térmica en ellos contenida para el circuito primario de uno o varios recalentadores de vapor y para el circuito primario de uno o más economizadores del agua de alimentación de la caldera. Desde aquí los gases pasan a la chimenea de tiro natural o de tiro forzado, por donde salen al exterior.

2.1.2 Circuito de agua-vapor

La vaporización del agua se realiza en la caldera. Como el vapor, a la salida de esta, contiene todavía partículas líquidas, se le convierte en vapor recalentado haciéndole pasar por el circuito secundario de uno o más recalentadores primarios, situados en la trayectoria de los gases de combustión.

Desde la caldera el vapor a presión y a alta temperatura, se conduce hasta la turbina o hasta la máquina de vapor, donde se expande produciendo energía mecánica. En las turbinas también se realizan extracciones de vapor que se conducen a los circuitos primarios de los precalentadores del agua de alimentación, para calentar ésta. Como una central térmica de vapor tiene tanto mejor rendimiento cuanto más frío esté el vapor de escape a la salida de la

turbina, el vapor se hace pasar por un condensador que no es más que un dispositivo de refrigeración donde el vapor se condensa y se transforma nuevamente en agua; la condensación se realiza introduciendo agua fría a presión en el condensador, a la que se obliga a circular por unos serpentines de refrigeración.

El agua resultante de la condensación, y procedente de la turbina se impulsa hacia la caldera por medio de bombas de alimentación. Para aumentar el rendimiento térmico del conjunto, es conveniente que el agua de alimentación entre en la caldera ya caliente, para lo que se hace pasar previamente por los circuitos secundarios de uno o más precalentadores, calentados por las extracciones de vapor de las turbinas, y por uno o más economizadores, calentados por los gases de escape antes de su salida a la atmósfera por la chimenea.

2.1.3 Circuito de energía eléctrica.

La energía eléctrica es producida en los generadores eléctricos, accionados por las turbinas de vapor y generando corriente alterna trifásica.

Desde los generadores la corriente eléctrica se lleva a transformadores apropiados, donde se eleva la tensión de la energía producida. Los transformadores pueden alojarse en locales especiales o, en el mismo pabellón de distribución que, por lo general, está completamente separado de la sala de máquinas con suficiente luz natural y que los aparatos, transformadores, etc, puedan inspeccionarse fácilmente, montarse y desmontarse cuando sea necesario: también debe haber espacio suficiente para poder instalar las canalizaciones.

2.2 Recuperación y energía.

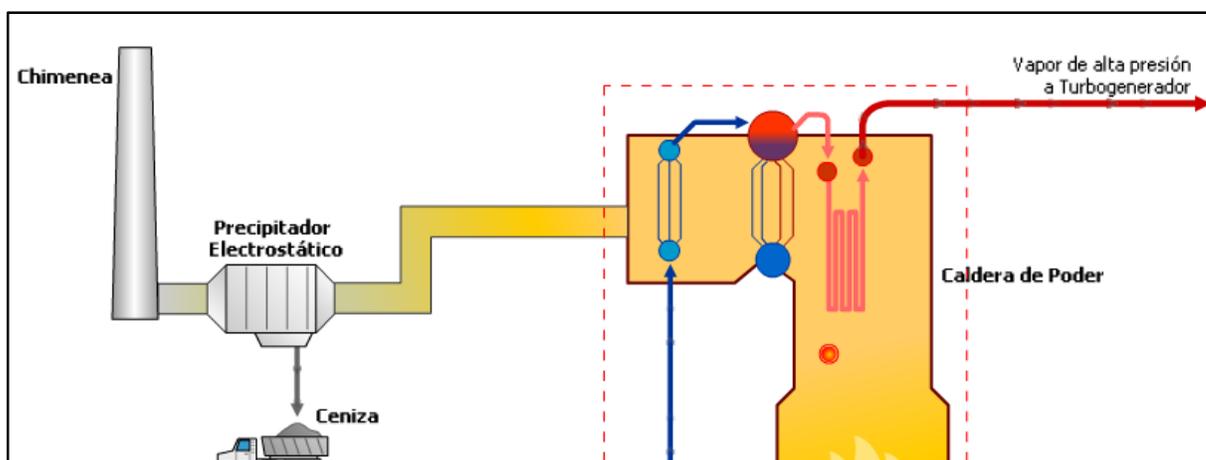
2.2.1 Caldera de poder.

Las calderas de poder generan vapor a través de la combustión de biomasa combustible, el cual es usado para los procesos internos como también para generación eléctrica.

La biomasa combustible llega a Planta Arauco principalmente mediante camiones y se recibe en un foso, desde donde se recupera y envía, mediante una correa transportadora, hacia un sistema de separación de piedras y posterior harneado y picado. Luego se dirige a instalaciones de acopio desde donde se alimentan las calderas.

Las calderas requieren de agua tratada para producir el vapor. Esta se obtiene usando agua de la planta que luego es tratada mediante un proceso de desmineralización, tratamiento que cuenta con un sistema de adición de productos químicos, consistente en estanques y bombas para dosificar los aditivos.

Los gases de combustión de cada caldera son conducidos a su respectivo precipitador Electroestático para el abatimiento de partículas las cuales posteriormente son evacuadas a la Atmósfera.

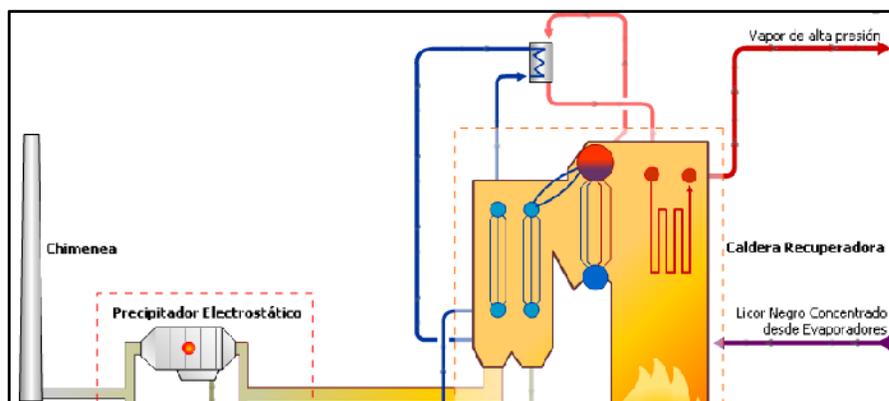


Esquema caldera de poder.

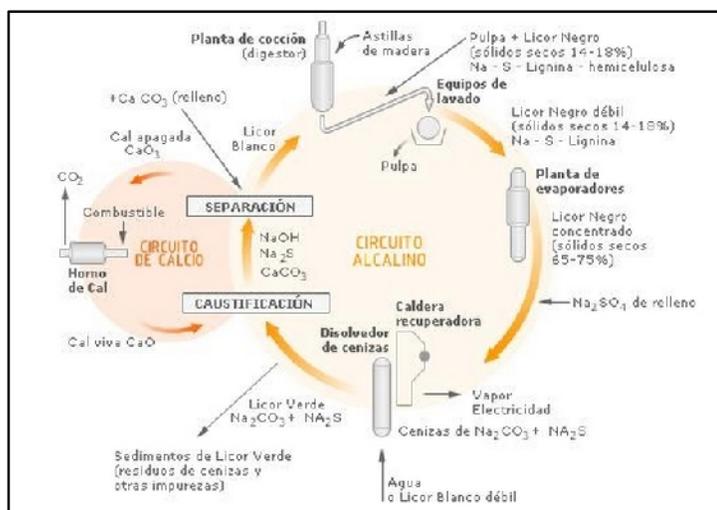
2.2.2 Caldera recuperadora.

El Licor Negro, que proviene del digestor, sigue un proceso de concentración mediante evaporadores de múltiples efectos, donde se le extrae el agua, componentes sulfurados disueltos, metanol y trementina, los cuales después son condensados, tratados y recuperados para su comercialización posterior, o son destinados para otros usos en la misma planta.

Una vez concentrado y depurado el Licor Negro, ingresa a la caldera recuperadora, donde se quema la parte orgánica (lignina y otros compuestos de la madera) liberando su energía en el proceso de combustión y se aprovecha para la producción de vapor.



Esquema caldera recuperadora .



Esquema de la fase de recuperación y energía.

CAPITULO III: Importancia del estanque acumulador de vapor.

3.1. Acumulador de vapor: Definición

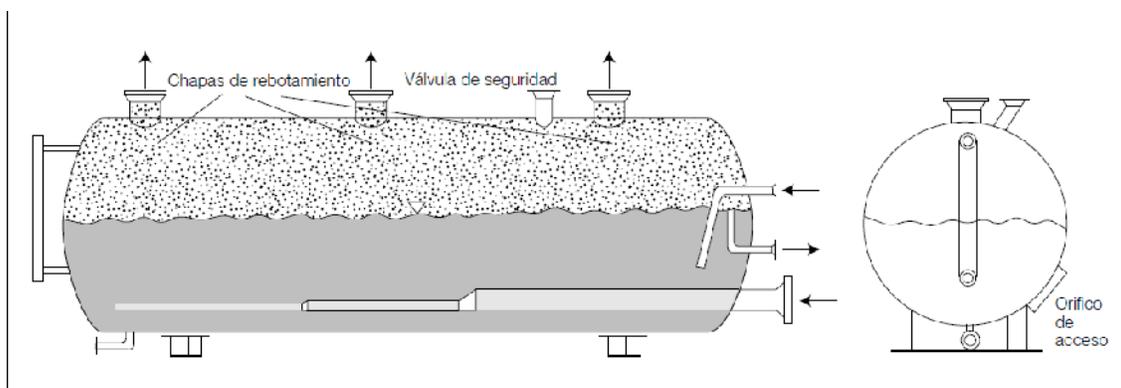


Fig.3.1 Estanque acumulador de vapor.

Los acumuladores de vapor son depósitos de presión cilíndricos de posición horizontal, generalmente están llenos hasta la mitad con agua hirviendo. El acumulador se carga desde la caldera por medio de una conducción de alimentación. La presión del acumulador se regula por medio de una válvula reductora colocada en la conducción de alimentación.

El acumulador de vapor es un equipo instalado en un sistema de producción de vapor que actúa como "un pulmón", es decir una reserva de energía en forma de vapor que responderá a la variabilidad y a la demanda (puntas de consumo) de las utilidades o cuando el generador tenga una baja de flexibilidad o bajo punto de operación, permitiéndole a éste funcionar más directamente.

3.1.1. Ventajas de operación.

- Evitan necesidad de dimensionar la caldera de vapor basada en la demanda punta.
- Disponibilidad inmediata de la cantidad requerida de vapor.
- Operación flexible y controlable.
- Ahorro de energía ya que el quemador de la caldera funciona progresiva y racionalmente.
- Presión Constante de Vapor y Calidad del Vapor constante.
- Evitan la tensión que sufren estructuras de caldera en las puntas.
- Como toda la red de tuberías se puede aislar sin peligro de sobrecalentamiento, disminuyen las pérdidas de calor.

3.2 Funcionamiento del estanque acumulador.

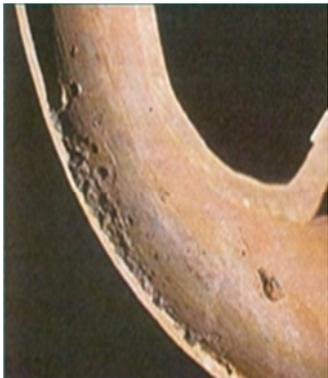
La caldera produce el vapor cuando es requerido por los consumos. Esto sin embargo necesita unos minutos para alcanzar las condiciones de funcionamiento y suministrar la cantidad requerida de vapor; además, puede haber variaciones repentinas en la demanda de vapor, con demandas inmediatas que exceden la producción máxima de la caldera. Es aquí donde el acumulador de vapor resulta extremadamente útil.

El acumulador almacena el vapor cuando las válvulas están cerradas, es decir cuando no hay ninguna demanda de vapor en los consumos. El vapor generado por la caldera entra en el acumulador por un tubo que lo distribuye uniformemente y le permite calentar el agua dentro del acumulador al estado sobrecalentado.

Cuando se demanda vapor del consumo, con la consiguiente pérdida de presión, el agua sobrecalentada inmediatamente se convierte en vapor (vapor flash) y pasa a estar disponible en los consumos. Una trampa de vapor retiene las partículas del agua líquida y previene que estas pasen al vapor, evitando golpes de ariete y mejorando el título del vapor.

3.3. Fallas en estanques a presión.

Las fallas más recurrentes en estanques sometidos a presión las detallaremos en la siguiente tabla:

Falla	Aspecto	Causa
<p>Desgaste por roce</p>		<p>Es la pérdida de material que ocurre cuando dos elementos de similares durezas se friccionan entre si causando deformación plástica y desgarramientos de partículas, este desgaste se debe a falta de aislamiento de zona de roce entre tubería y estructura.</p>
<p>Socavación</p>		<p>Son puntos de corrosión que se introducen hacia el tubo desde el lado interior de la tubería y están asociadas a diversas causas:</p> <p>Exceso de oxígeno disuelto en agua.</p> <p>Acumulación de sarro o depósitos y bajo estos se genera corrosión por aireación diferencial.</p> <p>Falla en la formación inicial de magnetita debido a la formación irregular de la magnética sobre la pared del tubo.</p>

<p>Falla procedimiento de soldadura.</p>		<p>La falla de procedimiento de soldadura se debe al no control de parámetros establecidos por el procedimiento de soldadura.</p>
<p>Pitting</p>		<p>Ocurre por la acción de determinados iones Cl y SO₄, que tienen la propiedad de romper la película protectora de los metales localmente, exponiendo metal desnudo al medio corrosivo.</p>
<p>Erosión</p>		<p>Remoción de material de la superficie metálica debido a la acción de numerosos impactos individuales de partículas de un fluido, los factores que influyen son la velocidad, tamaño y forma de las partículas del fluido.</p>
<p>Desgaste por dilatación térmica</p>		<p>Esto ocurre cuando la superficie de las líneas rozan sobre los soportes u otras paredes que están en contacto, el mecanismo de movimiento relativo ocurre debido a diferencias de temperaturas que suceden durante el proceso.</p>

<p>Porosidad</p>		<p>Son huecos globulares que se encuentran en los cordones de soldadura, resulta de las reacciones químicas que tienen lugar durante la aplicación de la soldadura. Los gases que forman los huecos se derivan de los gases liberados por el enfriamiento del metal de la soldadura.</p>
<p>Corrosión bajo aislamiento</p>		<p>Este mecanismo de deterioro es común cuando en los procesos las temperaturas de operación están en rangos que permiten la acumulación de humedad bajo el aislante.</p>

Tabla1. Fallas en estanques sometidos a presión.

CAPITULO IV: Planteamiento de la inspección en terreno

Para realizar la inspección es necesario realizar la primera visita a terreno para reconocer los riesgos del área de trabajo, posteriormente se debe realizar un levantamiento para reconocer el equipo y sus partes, donde se recauda la información disponible en el departamento de mantenimiento predictivo, luego se verifica ésta información con el levantamiento en terreno y se obtienen detalles más específicos como la disposición espacial y las modificaciones realizadas al equipo. Con la información adquirida en el levantamiento se procede a realizar un bosquejo a mano alzada con las dimensiones tomadas en terreno y que finalmente serán modelados en una maqueta en 3D para representar los procedimientos a realizar durante la parada de planta para determinar la condición en que se encuentra el equipo.

4.1 Levantamiento de equipo y accesorios.

El levantamiento es un procedimiento que consiste en recopilar la mayor información disponible en cuanto a la operatividad de los equipos como características técnicas de trabajo, dimensionamiento, planos y material de fabricación, también se hace un reconocimiento de los accesorios. Es imperativo este tipo de levantamiento, por el alto nivel de información técnica que se puede recaudar y las deficiencias que actualmente posee.

4.2 Recolección de documentación Técnica

Debido al siniestro ocurrido en la planta, no existe información disponible con respecto a planos de fabricación, documentación técnica de válvulas, temperatura de trabajo, presión, espesores nominales u otros que permitan predecir el funcionamiento del estanque acumulador de vapor. Se utilizará como información de respaldo la norma de construcción de estanques a presión ASME VIII división I y la norma de inspección y mantenimiento de estanques a presión API 510.

4.3 Levantamiento en terreno

Consiste en realizar un reconocimiento del área de trabajo, establecer los riesgos asociados al levantamiento, identificación de las partes constitutivas del equipo, dimensionamiento, reconocimiento de uniones soldadas y apernadas, bosquejos a mano alzada que determinen la disposición geográfica de los elementos a inspeccionar. Este se realiza generalmente para comparar con la documentación técnica recaudada al inicio.

Los principales documentos a recaudar en terreno son:

4.3.1. Ubicación geográfica

Esto se refiere a las direcciones de ubicación del estanque acumulador v/s puntos cardinales.

El estanque fue dividido en cuatro secciones para guiar las mediciones de espesor en distintos puntos.

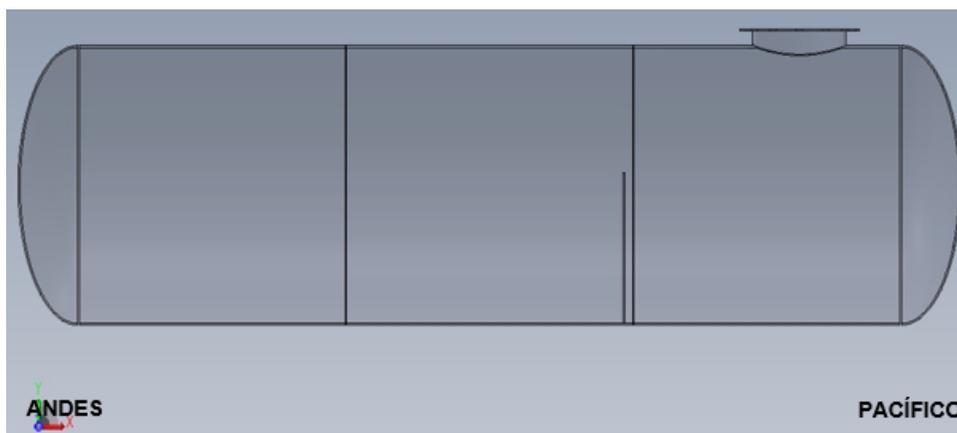


Fig. 4.1 Ubicación geográfica del estanque.

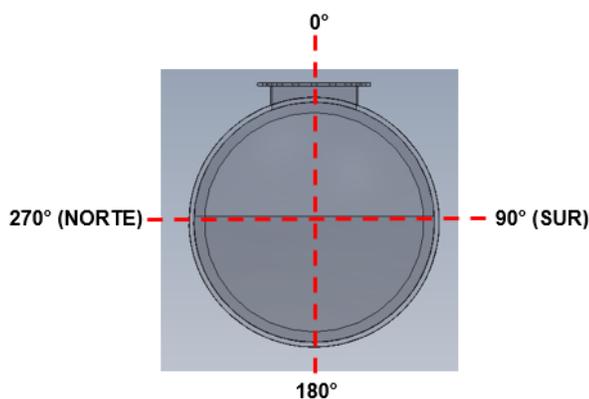


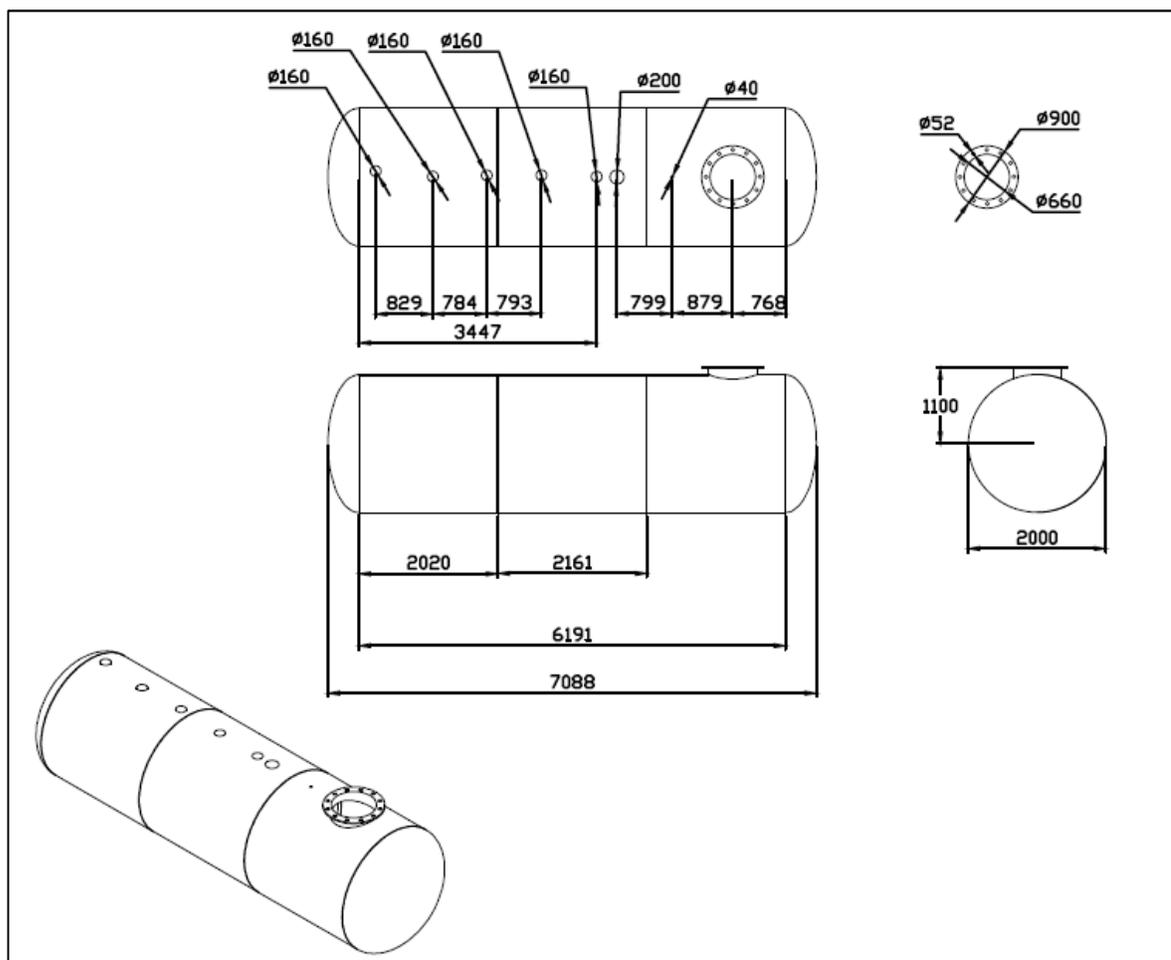
Fig. 4.2 Disposición del estanque en los puntos cardinales.

4.3.2 Dimensionamiento

Se realiza para reconocer las distancias reales, cambios de sección y posibles modificaciones, estos datos son relevantes para confeccionar los planos y maquetas en 3D para el plan de inspección.

Se procedió a desarrollar el dimensionamiento del estanque acumulador, con las medidas tomadas en terreno y detalladas en un boceto a mano alzada para luego confeccionar el plano del estanque y sus singularidades, esta información resulta fundamental en futuras inspecciones de mantenimiento, con lo que se podría conocer modificaciones en el tiempo del equipo.

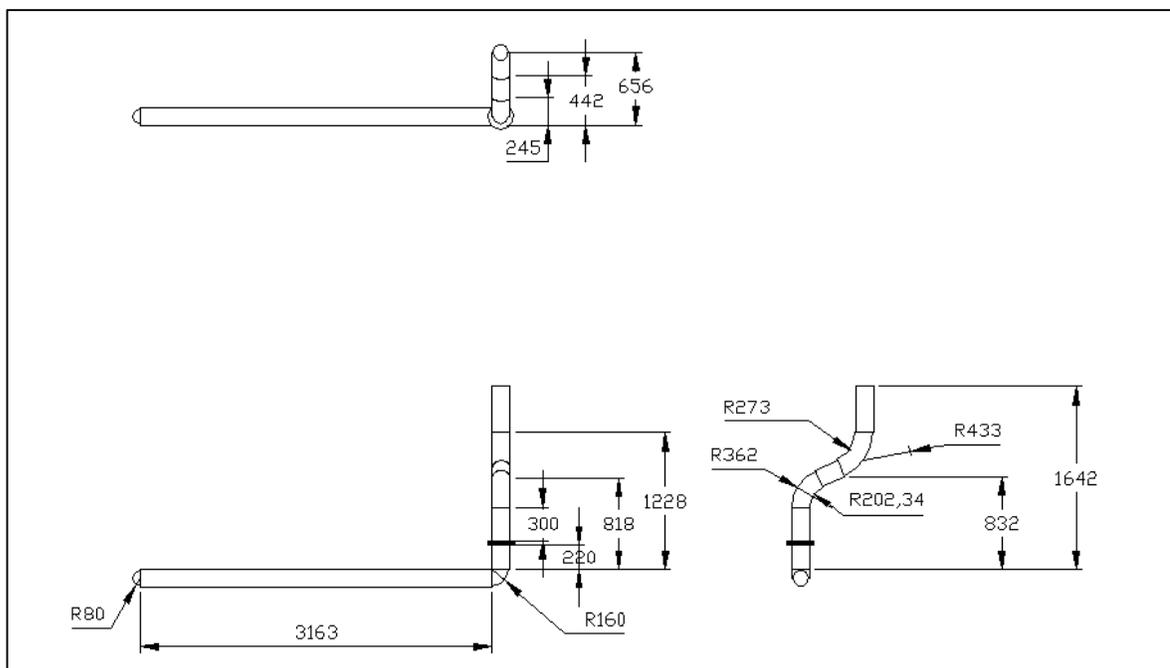
Estanque acumulador de vapor.



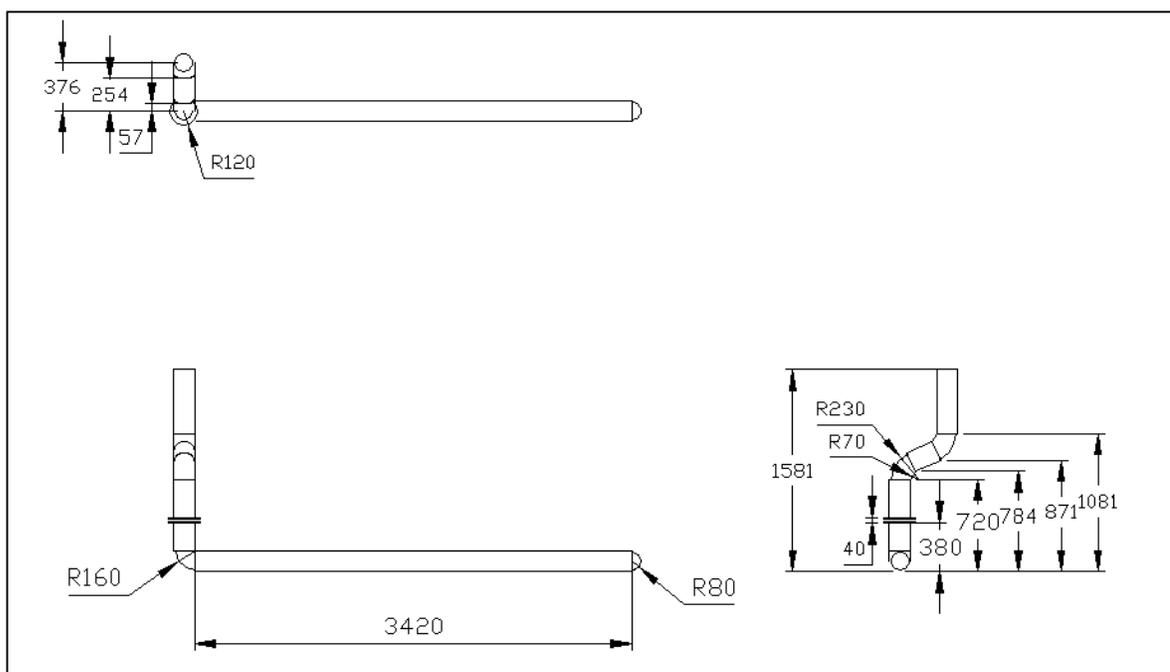
Plano general, estanque acumulador de vapor.

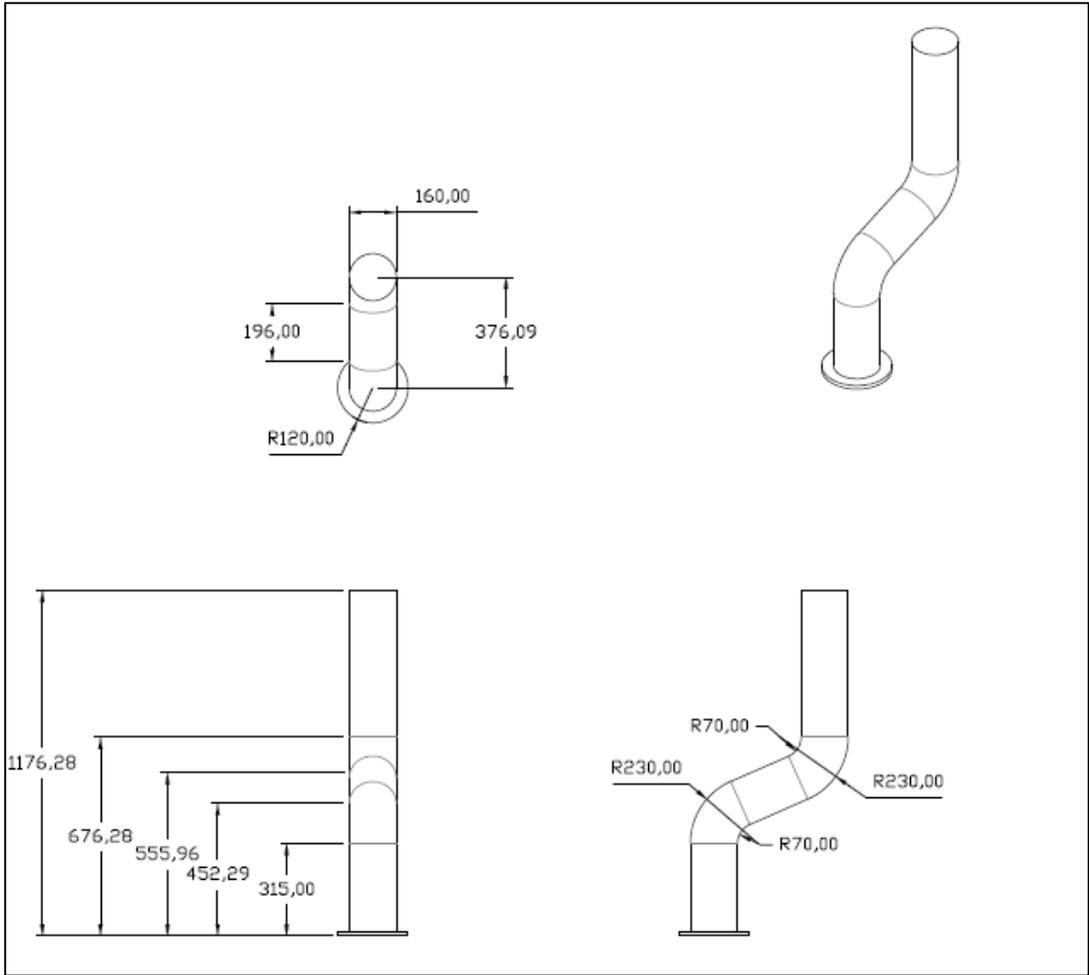
Detalle interior del estanque acumulador de vapor, específicamente los rociadores internos en el estanque.

Rociador C, al interior del estanque.

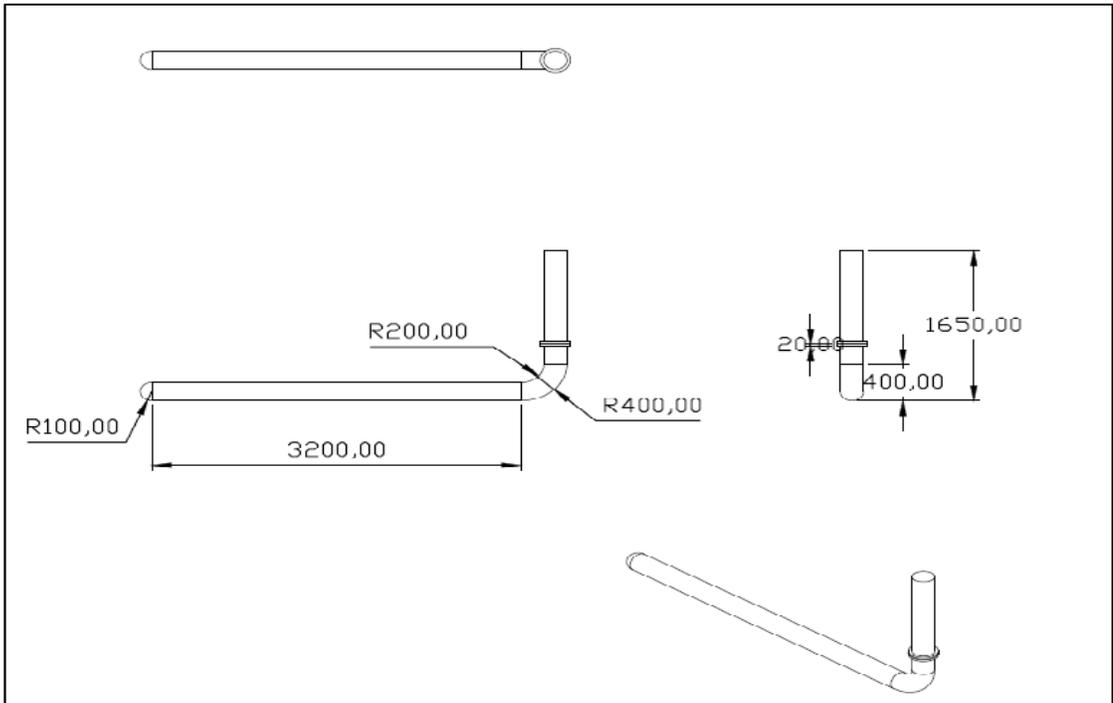


Rociador G, interior del estanque.



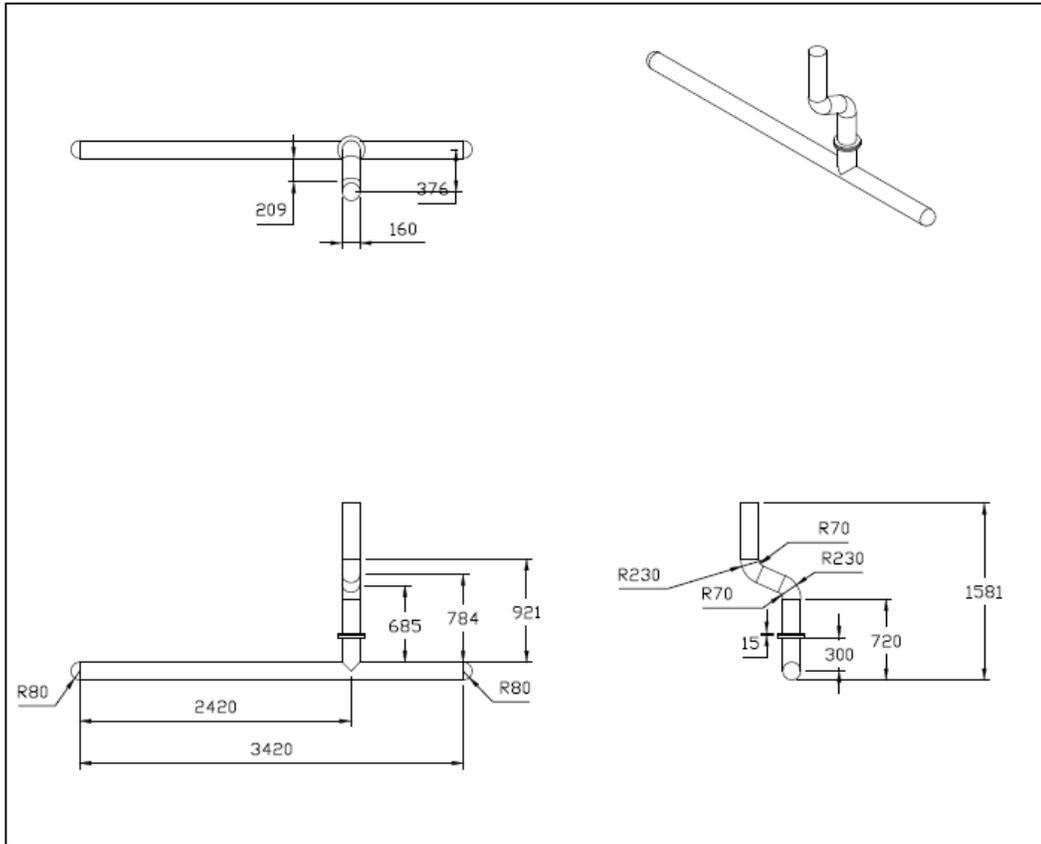


Ducto Central B

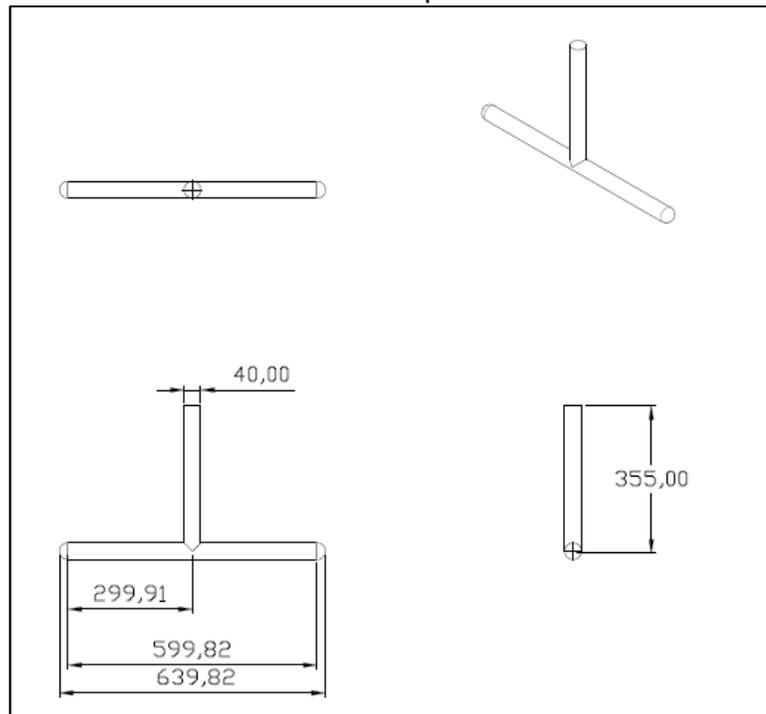


Ductos Desconectados, Ducto F y Ducto E.

Rociador D



Rociador Superior A



4.3.3 Temperatura real de funcionamiento

No existe documentación técnica que indique la temperatura de trabajo por lo que se obtiene directamente del operador del equipo y se apoya la información con la norma de fabricación ASME VIII.

4.3.4 Elaboración de planos y maquetas en 3D.

Estos planos se realizarán gracias a la información recolectada en terreno. Se realizará el plano de ubicación y el desglose de plano general por tramos a inspeccionar con la documentación recopilada en los puntos anteriormente mencionados con el motivo de obtener de la mejor forma una visualización de todos los lugares a inspeccionar. Esta herramienta en la actualidad es muy solicitada y utilizada en reuniones para informes generales por la alta cantidad de detalles, los cuales son herramientas para las personas que comúnmente no visitan los trabajos en terreno.

CAPITULO V: Generación de plan de Inspección

El plan de inspección consiste en realizar un cronograma de tareas donde se definirán los elementos a inspeccionar y se establecerán las partes donde ocurren las fallas frecuentemente para realizar un análisis de aptitud para el servicio. Debido a que la planta estuvo expuesta a un incendio, es probable que exista degradación de las propiedades mecánicas y químicas de los equipos y deterioro superficial de las cañerías, de manera que se analizarán distintos componentes críticos para verificar el estado estructural del recipiente y sus singularidades.

5.1. Preparación para la inspección.

Una vez generados los planos y maquetas en 3D se procede a definir las actividades y los procedimientos adecuados de inspección que se deberá realizar en el estanque de almacenamiento de vapor, los cuales permitirán:

- Examinar las causas de deterioro y falla del equipo.
- Estimar las condiciones físicas del equipo y sus accesorios.

Antes de comenzar la inspección, el equipo debe estar aislado de todas las fuentes de líquidos, gases o vapores, por lo que debe ser drenado, purgado, limpiado y ventilado. Se debe usar el equipo adecuado de protección personal para proteger los ojos, los pulmones y otras partes del cuerpo que puedan sufrir riesgos específicos. Además las personas que trabajan alrededor del equipo deben ser informadas sobre que personas van a trabajar dentro del equipo y éstas últimas deben ser informadas sobre los trabajos a realizar en el exterior del equipo. Luego, el equipo de seguridad para el personal y los instrumentos necesarios para la inspección debe estar disponible antes de comenzar el trabajo, como escaleras portátiles, chalecos reflectantes, casco y zapatos de seguridad, etc.

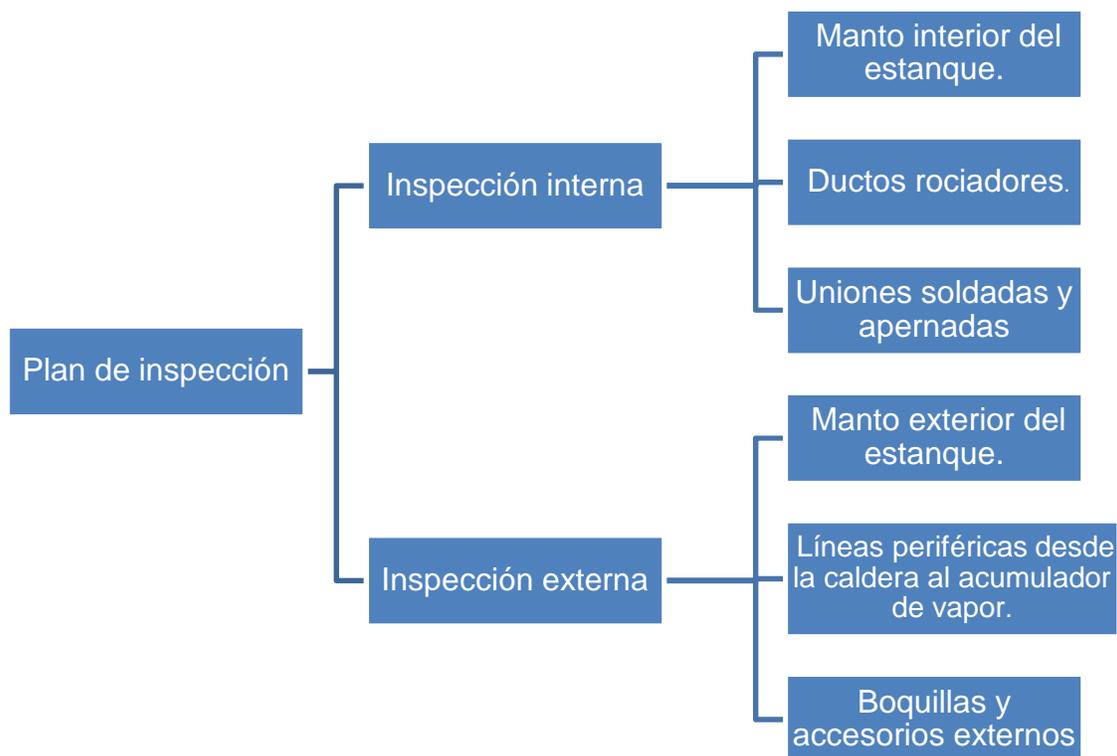
5.2 Inspección para Detectar Fallas o Defectos.

El estanque a presión debe ser examinado para detectar indicaciones visuales de distorsiones. Si se observa o detecta algún tipo de distorsión en los equipos las dimensiones generales del equipo serán verificadas para poder confirmar si el equipo está o no está distorsionado y determinar la seriedad y extensión de la falla.

Se realizará un examen visual de inspección efectuada en forma cuidadosa, examen de tintas penetrantes para descubrir grietas, porosidad o agujeros de inspección que se extienden hasta la superficie del material y medición ultrasónica de grosor y detección de fallas. Se usará la Sección V del Código ASME como guía para aplicar las técnicas de examinación no-destructivas.

Es importante preparar adecuadamente la superficie para poder efectuar el examen visual adecuado y para la aplicación satisfactoria de algún procedimiento auxiliar de los mencionados anteriormente. El tipo de preparación de superficie requerido depende de las circunstancias individuales, pero la preparación de la superficie tales como escobillado con escobilla de acero, sacar pequeños trozos, moler una porción de la superficie o una combinación de éstos preparativos pueden ser requeridos.

El procedimiento de inspección se realizará bajo el siguiente esquema de tareas:



5.3 Inspección Interna

El período de tiempo de la inspección interna y la inspección en línea no debe exceder la mitad de la vida útil estimada aproximadamente del equipo tomando como base la velocidad y cantidad de óxido o el lapso de 10 años, se debe considerar el lapso de tiempo que resulte ser inferior. En el caso donde la vida útil apropiada del equipo es estimada a ser menor a 4 años, el intervalo de inspección puede ser toda la vida útil apropiada que le queda al equipo hasta un máximo de 2 años.

La inspección interna será efectuada en este equipo porque es objeto frecuentemente de oxidación localizada y significativa, además de otros tipos de daños. Se debe efectuar una buena cantidad de exámenes del grosor del equipo hasta obtener una información representativa de las condiciones en que se encuentra para lograr cumplir los requisitos que exige la norma, se deben medir el grosor de todas las paredes de los componentes principales (carcaza o estructura principal, cabezales, y las secciones con forma de cono).

También se debe efectuar la inspección y la toma de muestras representativas de las boquillas del equipo y mantener esta información en un registro.

El efectuar medidas de grosor en distintos puntos del equipo tiene el objetivo de establecer un patrón general de ubicación y de velocidad de cantidad de oxidación en las distintas secciones del equipo.

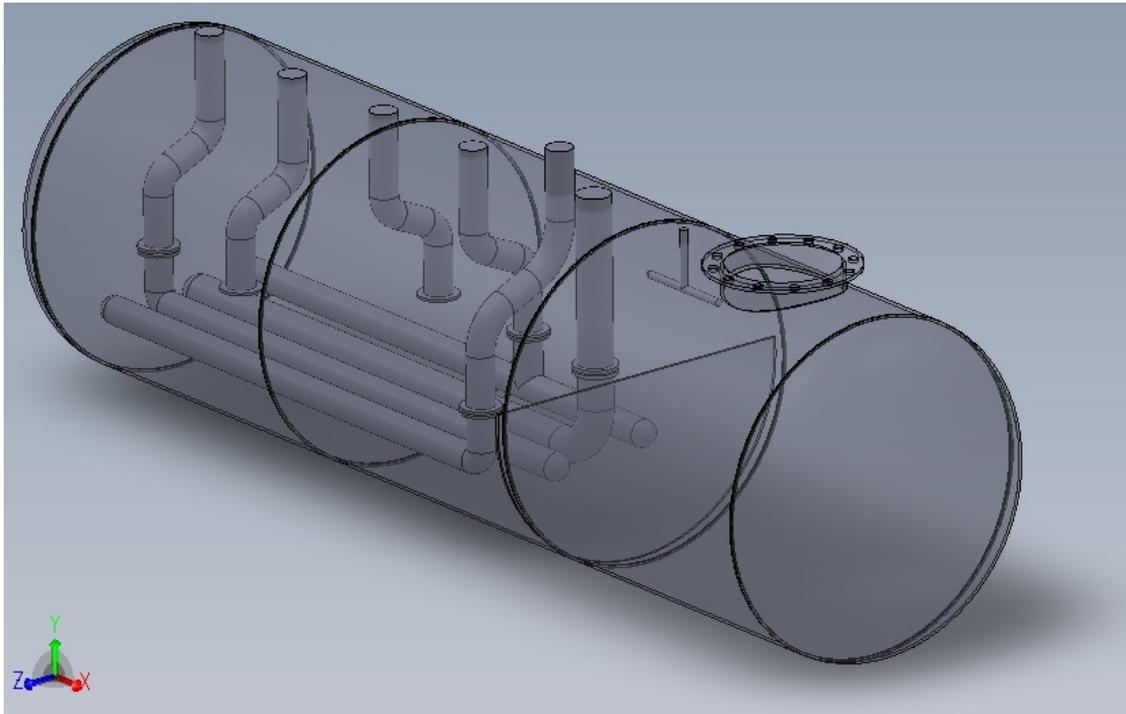
5.3.1 Inspección de las Partes Principales

El siguiente procedimiento de inspección servirá como pauta para futuras mantenciones programadas del equipo y sus partes más importantes, donde los Inspectores de equipos a presión autorizados deberán complementarlo con todos los ítems necesarios propios del equipo involucrado.

Procedimiento de inspección de partes principales

- a) Examinar las superficies de la carcasa y cabezales cuidadosamente inspeccionando y buscando posibles fisuras, hinchazones pequeñas, protuberancias y otros signos de deterioración, observar la base y todos los equipos de soporte, especialmente en las regiones de las juntas y cabezales. Sí se encuentra evidencia de falla o distorsión, efectuar un chequeo detallado de los contornos actuales y de las dimensiones principales del equipo y compararlas con los diseños originales.
- b) Examinar las juntas soldadas y las zonas adyacentes que son expuestas a altas temperaturas buscando fisuras producidas por el uso y posible condición de bordes saltados.
- c) Examinar las superficies de los espacios ocupados por los usuarios, los cabezales y todas las otras posibles aperturas que puedan estar expuestas a distorsión, fisuras y otros defectos. Observar partes acopladas por soldaduras y sus refuerzos. Se debe examinar las superficies accesibles de los flanges para detectar posible distorsión y determinar el estado de condición de la superficie donde se apoya la empaquetadura.

5.3.2 Manto interior del estanque



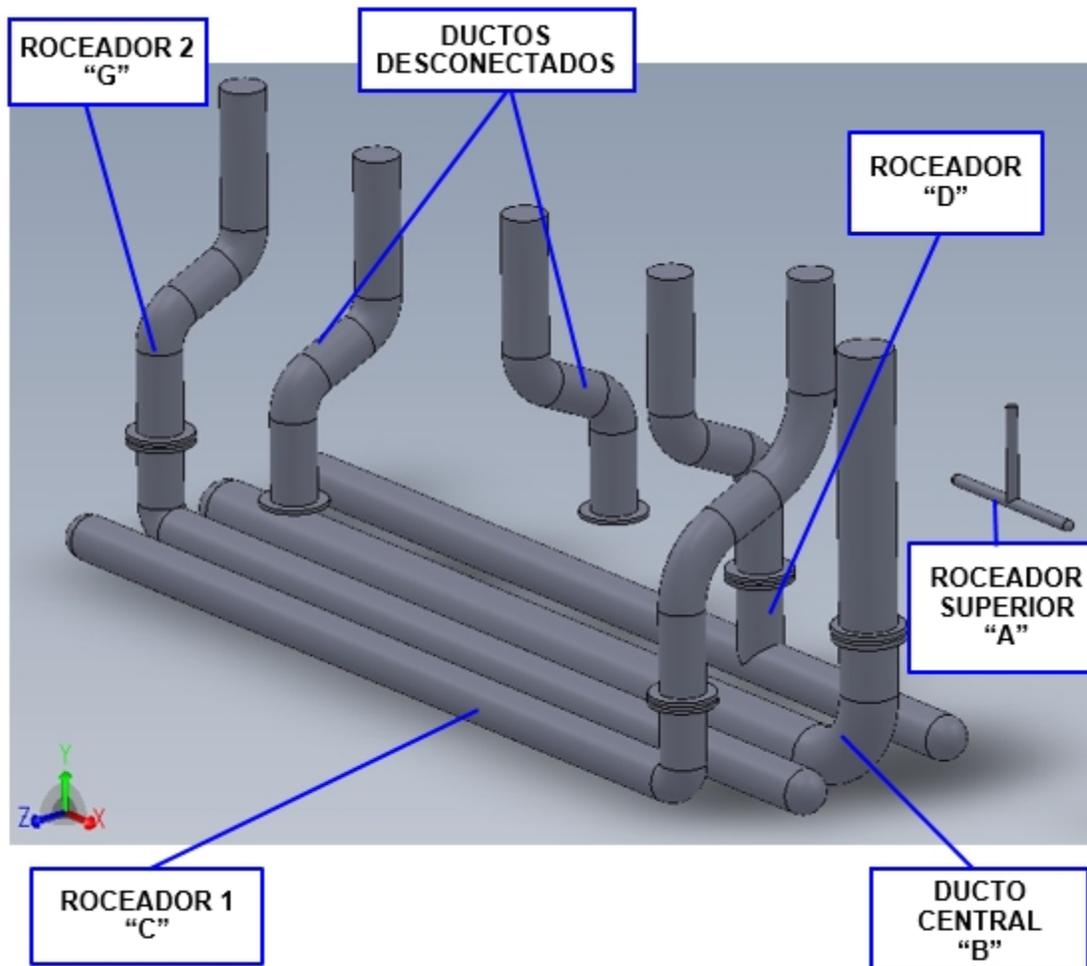
Posibles fallas:

El manto interior puede verse afectado por pitting generalizado debido a la presencia de agua decantada en el fondo del estanque. Esto se debe monitorear frecuentemente, ya que mientras mayor es el pitting, la corrosión es severa y puede originar una disminución de espesor importante del fondo del estanque.

Inspeccion Visual:

Las líneas de vapor provenientes desde la caldera están a una presión de 12 bar y una temperatura de 120°C, debido a estas condiciones de trabajo se observa que presenta severos desgastes provocados por el flujo de vapor tanto en las paredes del estanque y en el flange del ducto central.

5.3.3. Ductos rociadores



Posibles fallas: Los ductos rociadores al interior del estanque pueden presentar desgaste por flujo de vapor, fallas en las uniones apernadas y corrosión debido a la condensación del vapor de agua.

Inspección visual:

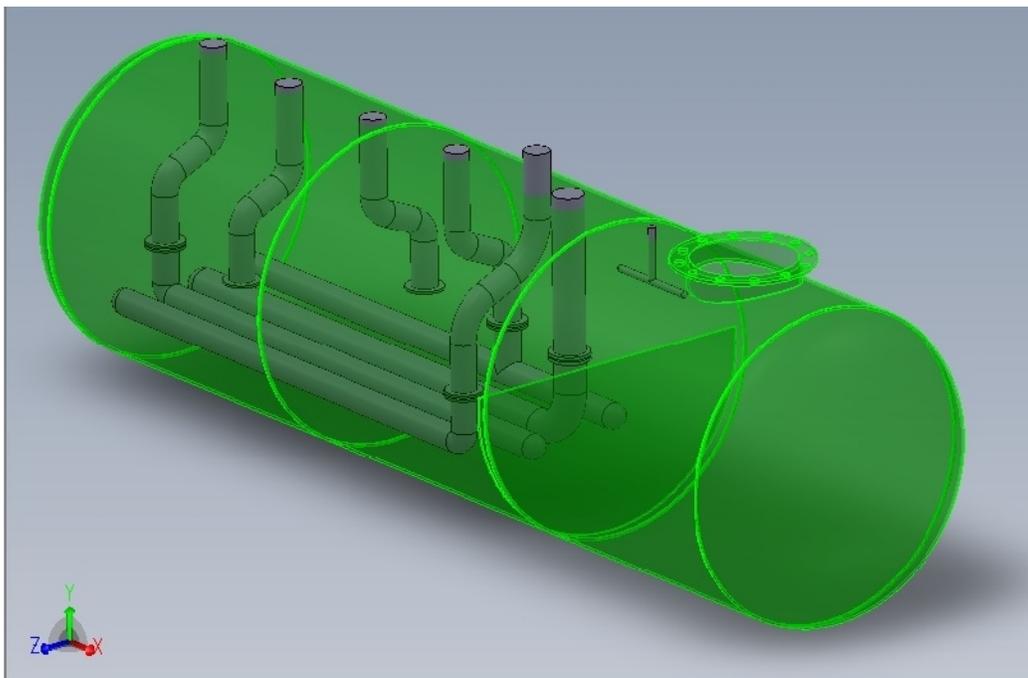
Se observan en detalle las uniones soldadas y rociadores que presentan algunas indicaciones tales como: desgaste severo en flange del ducto central, pérdida de empaquetadura, pérdida de pernos de unión y rotura por parche.

5.4 Inspección Externa

Se debe efectuar una inspección visual externa cada cinco años o por lo menos un mismo intervalo de tiempo entre una inspección y otra, donde se determinará la condición del aislamiento exterior, la condición y el estado de las estructuras de apoyo, la factibilidad de efectuar una expansión o modificación y el alineamiento general del equipo en sus soportes. Cualquier tipo de signos de filtración debe ser investigado de tal modo que la fuente de filtración pueda ser establecida.

En esta inspección es probable detectar la oxidación localizada bajo el material de aislación y debe ser considerada para éste equipo debido a la aislación externa que presenta, la alta temperatura y la puesta en servicio permanente en la que opera. Esta inspección puede significar sacar parte de la aislación para prevenir la presencia de condensación de la humedad debajo del material de aislación. Para prevenir que la humedad ingrese se pueden efectuar durante la inspección interna medidas de grosor de la carcasa efectuadas internamente en lugares típicos de tener problemas por ejemplo, anillos que se endurecen alrededor de las boquillas y otros lugares donde existe tendencia a atrapar humedad o permiten que la humedad ingrese.

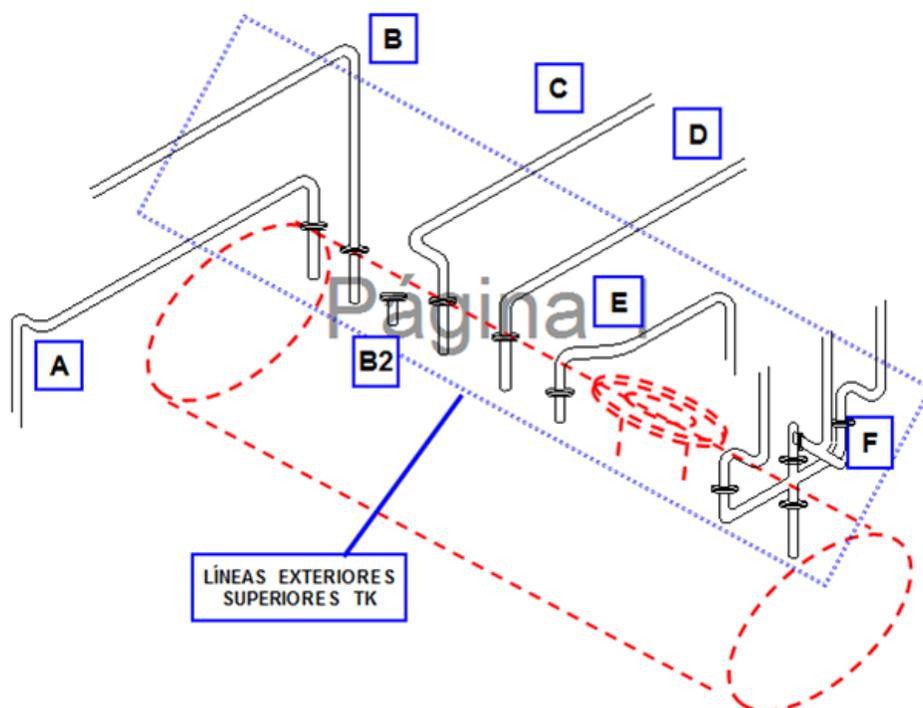
5.4.1 Manto exterior del estanque



Posibles fallas: El manto exterior del estanque puede presentar indicaciones relevantes por deterioro de aislación y pinturas, daño de los soportes y fundaciones, corrosión de escaleras, barandillas, plataformas y manhole. La falla más común en estos recipientes es la presencia de CUI (corrosión bajo aislación), el cual se acelera cuando las temperaturas de operación están en rangos que permiten la acumulación de humedad bajo el aislante.

Inspección Visual: El estanque exterior presenta aislación térmica, lo cual impide tener acceso directo al manto superficial y así poder observar alguna indicación relevante, como una filtración o algún tipo de corrosión que no permita el normal flujo del vapor. Por lo que se recomienda mantener en observación y realizar para futuras inspecciones ventanas en la aislación en puntos estratégicos para determinar el nivel de corrosión en la superficie exterior del estanque.

5.4.2. Líneas periféricas desde la caldera al acumulador de vapor.



Posibles Fallas: Deterioro por agrietamientos asociados a dilataciones térmicas (especialmente en zona zat y cordones de soldadura), esto ocurre en los sectores de salida con empotramiento rígido a un sector libre el cual está sometido a cambios térmicos inducidos desde el exterior o por ciclos de temperatura del vapor.

Inspección Visual: La descarga de línea de alta presión a estanque acumulador de material base de acero Carbono presentan un diámetro de 10", con una temperatura de trabajo de 120°C y una presión de trabajo de 12 Bar con un espesor de entre 9 y 11 mm.

5.5 Procedimiento medición de espesores.

Existen muchas formas para medir espesores, pero la más usada es la medición de espesores por ultrasonido, Esta práctica es aplicable a cualquier material en el cual las ondas ultrasónicas se propagarán a una velocidad constante a través de la pieza, y del cual se las ondas reflejadas pueden ser obtenidas y resueltas. Para aceros al carbono, material de construcción de la mayoría de los estanques, la velocidad de propagación del ultrasonido es de 5920 m/s aproximadamente.

5.5.1 Desarrollo de la inspección.

Preparación de las Superficies.

Hasta donde sea prácticamente posible se deberá eliminar la pintura suelta en los puntos de inspección; y proceder a hacer la medición de espesores. Sin embargo si de la inspección visual se considera que la pintura tiene buena adherencia, entonces no será necesario eliminar la pintura y se seguirá el procedimiento.

Se deberá eliminar cualquier material extraño que pudiera interferir con el examen, tal como grasa de inspecciones anteriores, suciedad, grumos de pintura, grumos de soldadura, aceite, etc.

Marcado de puntos de inspección.

Se deberá realizar medición de espesores en todos los anillos en los puntos predeterminados a lo largo de la escalera helicoidal, localizados por encima y por debajo de la unión soldada de cada anillo. En los anillos superiores, se deberá realizar una medición correspondiente a la fase gaseosa, por encima del nivel del líquido. En caso de encontrar un bajo espesor o una alta tasa de corrosión, aumentar la cantidad de mediciones.

Calibración del Instrumento Ultrasónico.

La calibración y el ajuste de los instrumentos ultrasónicos por pulso eco para la medición de espesores deben realizarse de acuerdo al procedimiento descrito en el manual o instructivo del fabricante del equipo.

Nota: En caso de que durante la inspección para medición de espesores sea detectada una discontinuidad o lecturas de espesores dudosas, se deberá efectuar una inspección adicional para evaluar sanidad mediante el empleo de un instrumento detector de fallas ultrasónico y/o una inspección radiográfica, si es práctico.

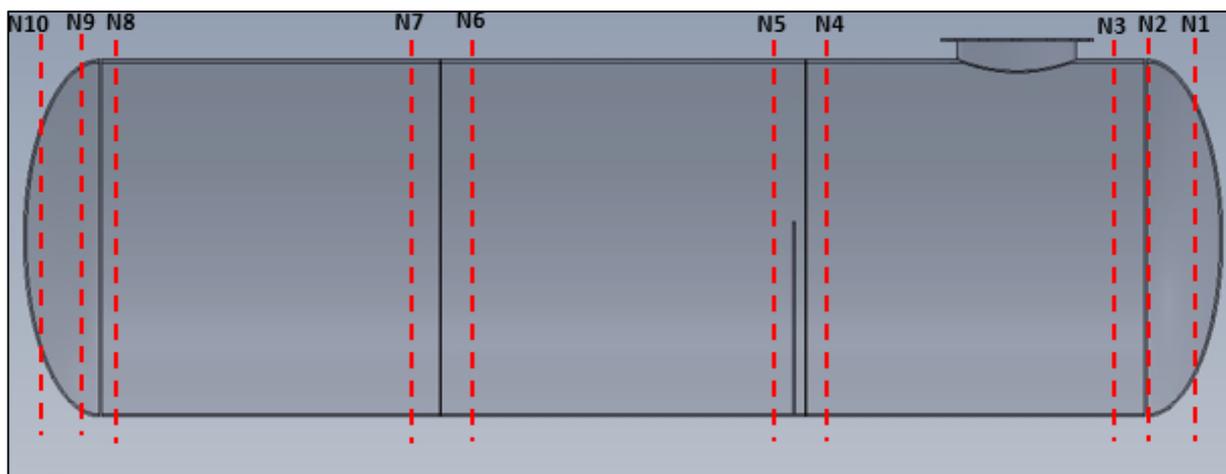
Políticas del procedimiento de inspección.

- En la ejecución de este Procedimiento, se deberá observar toda la normativa vigente, aplicándola según su orden jerárquico y especialidad. En caso de duda se observará la norma de rango superior.
- El personal que realice las inspecciones debe estar calificado y certificado de acuerdo al Procedimiento de Capacitación, Calificación y Certificación del Personal de INTEGRIDAD Y CONFIABILIDAD que es según ASNT.
- El personal que realice las inspecciones debe estar calificado y certificado como nivel I en el Método de Inspección por Ultrasonido.
- El personal que realice las inspecciones, interprete, evalúe y elabore el reporte de los resultados de las inspecciones, debe estar calificado y certificado como nivel II o III en el Método de Inspección por Ultrasonido.

5.5.2 Desarrollo de croquis para reporte de los recipientes inspeccionados.

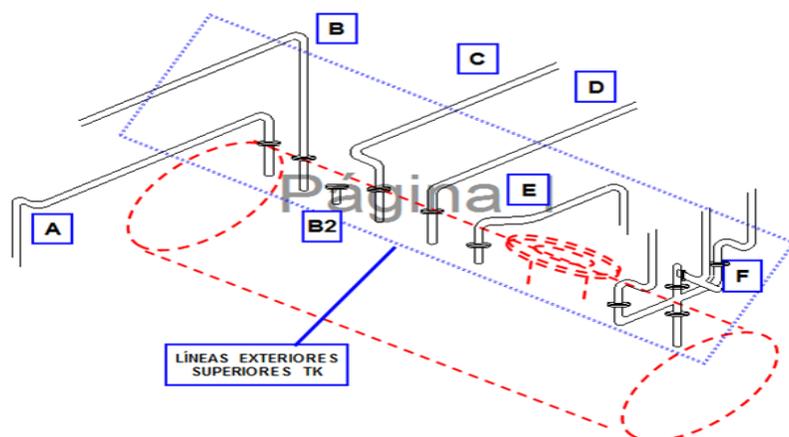
Para el informe que se entregara a la empresa sobre el desarrollo del plan de mantenimiento es relevante identificar las partes donde se realizara la medición y detallarlas en un croquis o dibujo, así entregando la información necesaria que permita el seguimiento de la inspección para los inspectores a llevar a cabo la tarea.

Dibujo Manto y cabezales, medición de espesores.



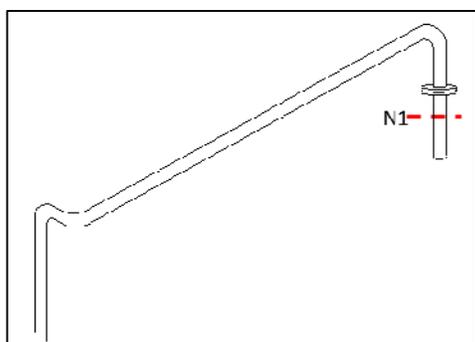
MANTO CILÍNDRICO Y CABEZALES				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				
N7				
N8				
N9				
N10				

Líneas periféricas, medición de espesores.



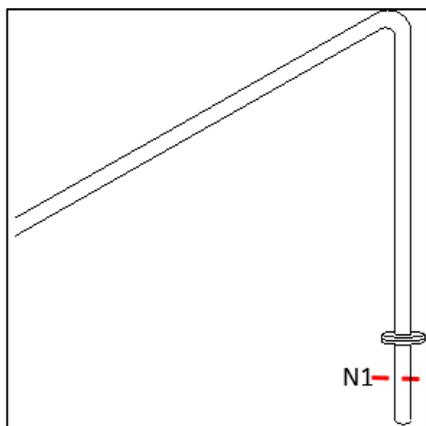
Detalle de la medición de espesores en las líneas periféricas.

Boquilla A



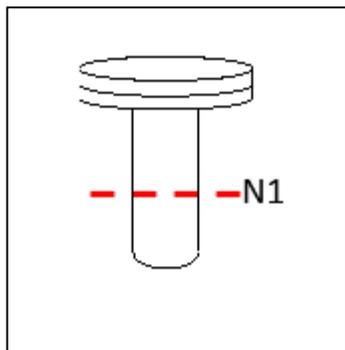
"A"				
	0°	90°	180°	270°
N1				

Boquilla B



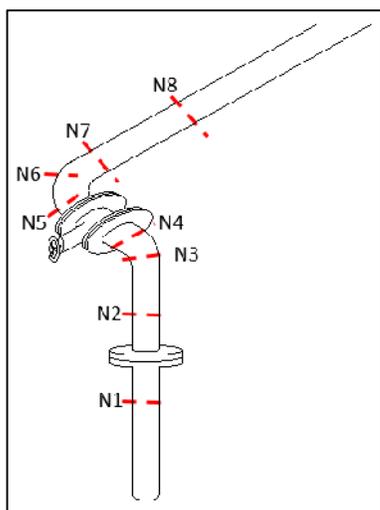
"B"				
	0°	90°	180°	270°
N1				

Boquilla B2



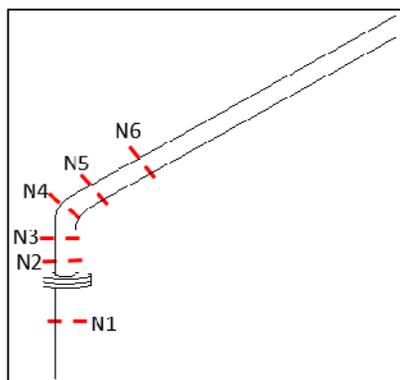
"B2"				
	0°	90°	180°	270°
N1				

Boquilla C



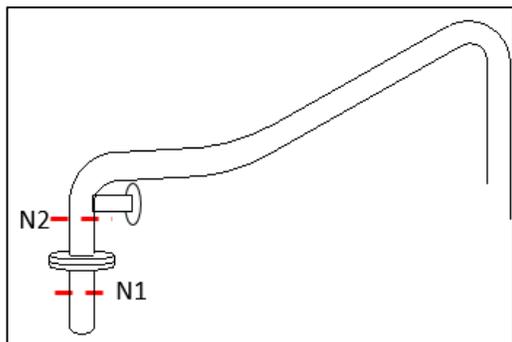
"C"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				
N7				
N8				

Boquilla D



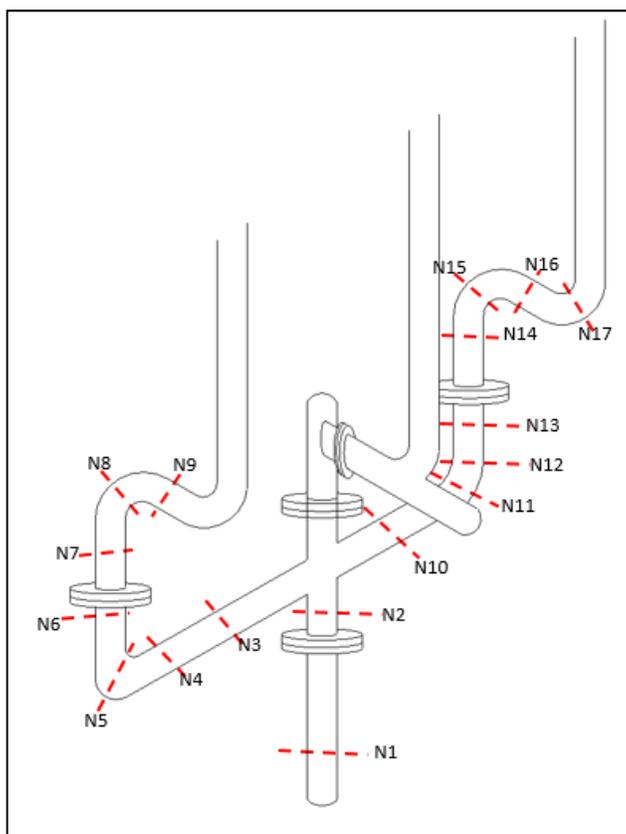
"D"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				

Boquilla E



"E"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				

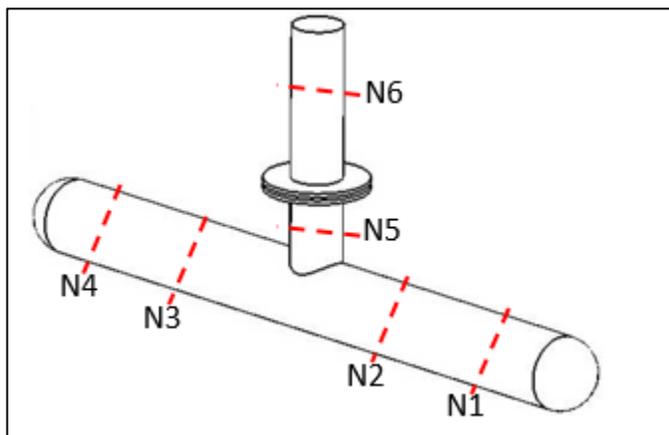
Boquilla F



"F"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				
N7				
N8				
N9				
N10				
N11				
N12				
N13				
N14				
N15				
N16				
N17				

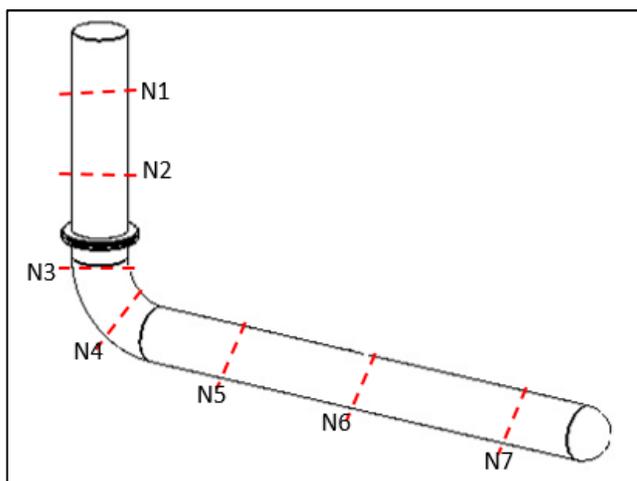
Dibujos para medición de espesores de ductos rociadores al interior del estanque acumulador de vapor.

Rociador Superior A



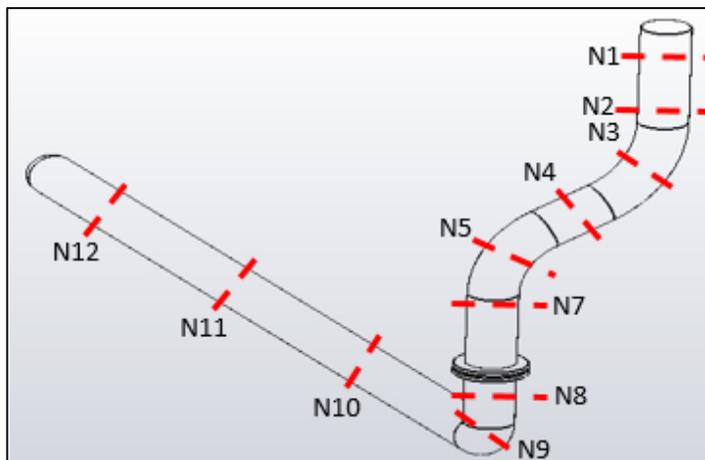
"A"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				

Ducto Central B



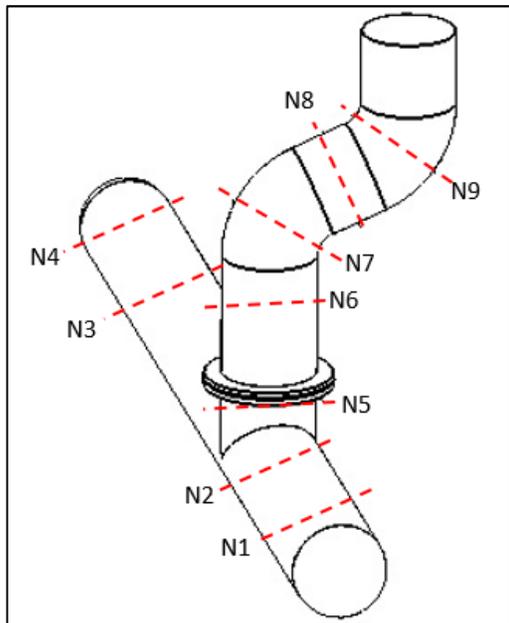
"B"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				
N7				
N8				

Rociador C



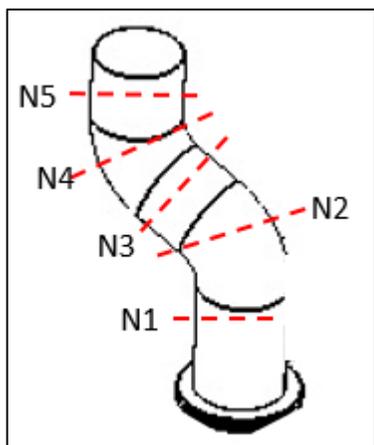
"C"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				
N7				
N8				
N9				
N10				
N11				
N12				

Rociador D



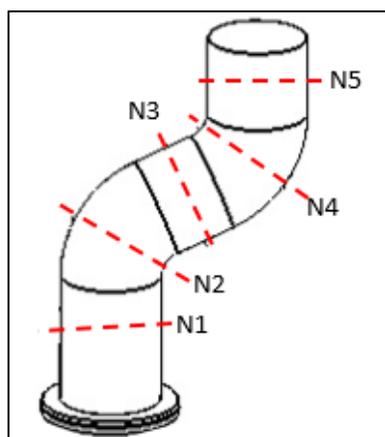
"D"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				
N7				
N8				
N9				

Ducto Desconectado E



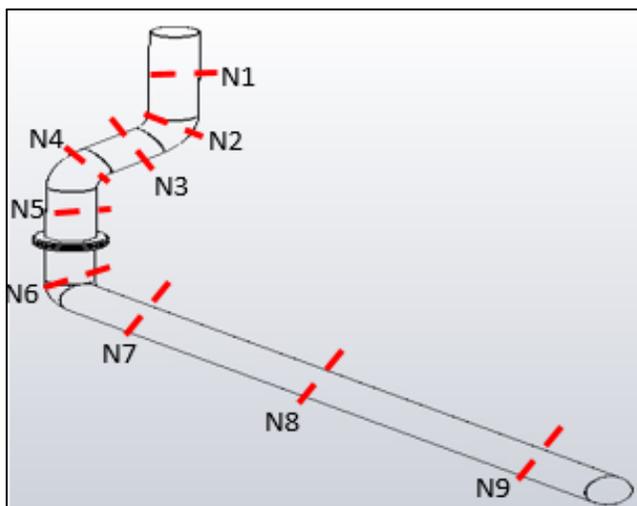
"E"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				

Ducto Desconectado F



"F"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				

Rociador G



"G"				
	0°	90°	180°	270°
N1				
N2				
N3				
N4				
N5				
N6				
N7				
N8				
N9				

Observación: Con la generación de los dibujos de las distintas partes del estanque acumulador de vapor se procederá a ejecutar el ensayo no destructivo correspondiente a la medición de espesores por la técnica de ultrasonido a cargo de un inspector calificado y certificado como nivel I en el método de inspección por ultrasonido, el cual deberá constar con la certificación de la sociedad americana para pruebas no destructivas ASNT. La técnica aplicable en el procedimiento será según las normas ASME I, V y VIII, utilizando como unidad de medida "mm" y teniendo en cuenta que la velocidad de propagación del haz ultrasónico en acero al carbono es de 5920 m/s. El equipo utilizado será PANAMETRICS 37DL, con características de empleo tales como frecuencia de 5mhz, tipo de palpador dual, acoplante gel ultrasónico, patrón de calibración escalonado y con una técnica de medición por eco-pulso.

5.6 Líquidos penetrantes

Este procedimiento fija las condiciones de inspección y garantiza el control de calidad de las juntas soldadas que se ejecuten en el proyecto, cumpliendo con los requerimientos de aplicación del examen de inspección mediante Líquidos Penetrantes (PT), así mismo con los requisitos y características que deben satisfacer los materiales y equipos utilizados para la inspección, interpretación y evaluación.

5.6.1 Procedimiento aplicación líquidos penetrantes.

Preparación de la superficie

Antes de realizar el examen mediante Líquidos Penetrantes, la superficie a ser examinada y todas las áreas adyacentes, dentro de una distancia mínima de 25 mm, deberán estar secas y libres de suciedades, grasa, escamas, escorias de soldadura y otros materiales extraños que puedan encubrir las aberturas superficiales o interferir de algún modo con el examen.

Frotando un trapo limpio que no desprenda pelusa y verificando mediante inspección visual se comprueba la ausencia de óxido, grasa etc., de la superficie a inspeccionar. Cuando se habla de limpieza, se hace referencia a que la pieza tiene que estar libre de óxido, cascarillas, fundente de soldadura, salpicaduras, grasa, pintura, aceites, etc.

Después de la limpieza, se permitirá el secado de todas las superficies a ser examinadas por evaporación normal. El periodo mínimo de tiempo para que la solución empleada en la limpieza se evapore, se determinará de acuerdo a la humedad relativa existente en el lugar de la prueba.

Método de inspección.

El rango de temperatura sobre la pieza a examinar estará entre 100C y 520C permaneciendo constante durante el ensayo.

Aplicación del Penetrante.

Luego de que la pieza ha sido limpiada, una capa uniforme de penetrante, será aplicada por medio de aerosol de tal forma que toda la superficie quede totalmente

cubierta. El tiempo de acción del penetrante está determinado por el tipo de penetrante y la clase de material, forma, tipo de discontinuidad a inspeccionar, en cualquier caso, el tiempo de penetración para soldadura no debe ser inferior a 5 minutos ni superior a 30 minutos. Ver tabla T-672 de ASME V Artículo 6.



Remoción del Exceso de Penetrante

Después del periodo adecuado sobre el tiempo de actuación del penetrante, el exceso será removido por fricción repetidamente con paño, trapo seco, papel absorbente o estopa en toda la superficie.

La eliminación del exceso de penetrante debe ser total a fin de no obtener indicaciones falsas al aplicar el revelador tomando los cuidados necesarios para minimizar la remoción del penetrante retenido en las discontinuidades.

Estará prohibido enjuagar la superficie con solvente, después de la aplicación del penetrante y antes de la aplicación del revelador.



Aplicación del Revelador

Antes de la aplicación del revelador, este deberá ser vigorosamente agitado para asegurar una adecuada dispersión de las partículas suspendidas en él.

La superficie de la zona de examen será observada inmediatamente después que el revelador este seco, para detectar la posible naturaleza de cualquier indicación en función de su posición, velocidad de exudación y extensión. La interpretación final se realiza transcurrido un tiempo comprendido entre 10 y 60 minutos. ASME V, Artículo 6, T-676.1

En el caso de aparecer indicaciones dudosas o no evaluables, producidas por agentes externos (suciedad, hilachas, papel, incorrecta eliminación del penetrante, etc). Debe ser repetido el examen utilizando el mismo procedimiento a partir de una limpieza previa.



Inspección.

La superficie examinada será observada durante la aplicación del revelador para monitorear el comportamiento de las indicaciones que “sangran” profundamente. El tiempo de observación e interpretación será de 10 a 30 minutos.



Evaluación de las indicaciones, según código ASME sección VIII división 1.***Evaluación de las indicaciones.***

La indicación de una discontinuidad, puede ser mayor que la discontinuidad misma, sin embargo el tamaño considerado para la calificación es el de la indicación.

Solamente se evalúan las indicaciones cuya mayor dimensión es superior a 1/16" in (1.5 mm).

- (a) Una indicación lineal es aquella cuya longitud es mayor que tres veces el ancho.
- (b) Una indicación redondeada, es la que tiene forma circular o elíptica, cuya longitud es igual o menor que tres veces el ancho.
- (c) Cualquier indicación redondeada que presente duda debe ser reexaminada para determinar si es o no relevante.

Estándar de aceptación.

Los siguientes estándares de aceptación se aplican siempre y cuando no exista un estándar más restrictivo o especificado para materiales o aplicaciones específicas dentro de ésta División.

Todas las superficies examinadas deben estar libres de:

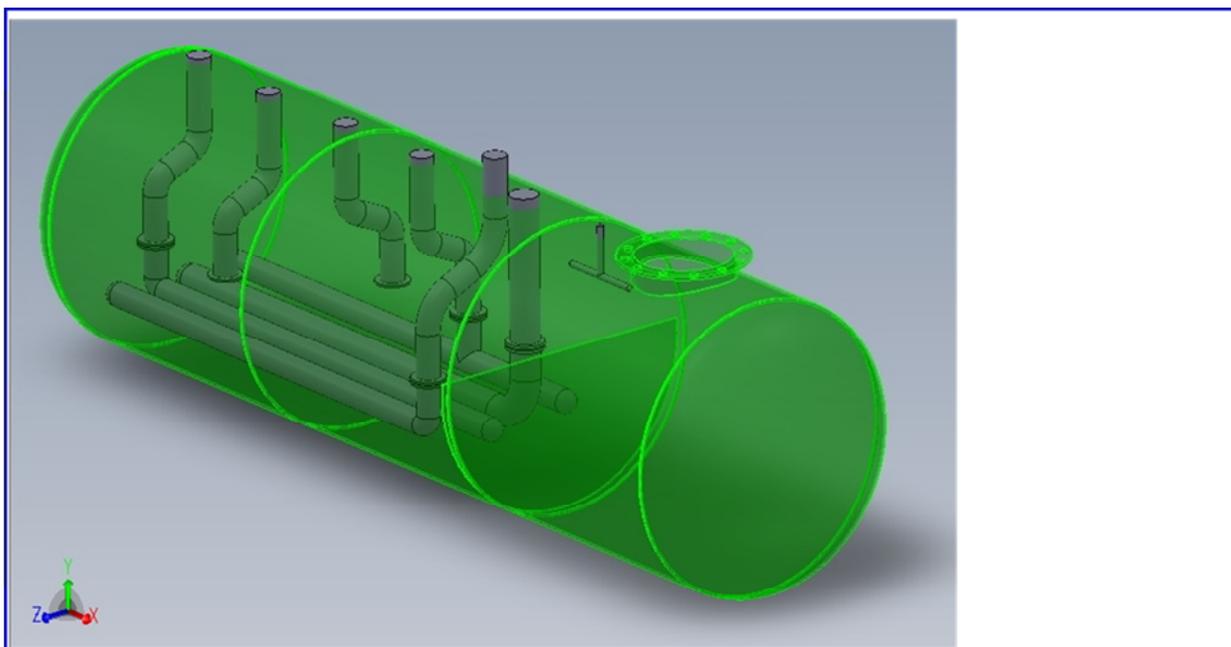
- (a) Indicaciones relevantes lineales.
- (b) Indicaciones redondeadas relevantes mayores de 3/16 in (5 mm).
- (c) Cuatro o más indicaciones redondeadas relevantes alineadas y separadas por 1/16 in (1.5 mm) o menos (de borde a borde).

Políticas del personal encargado de la inspección.

El personal que realizara las operaciones estará debidamente calificado y certificado en el método como Nivel I y II según ASTM.

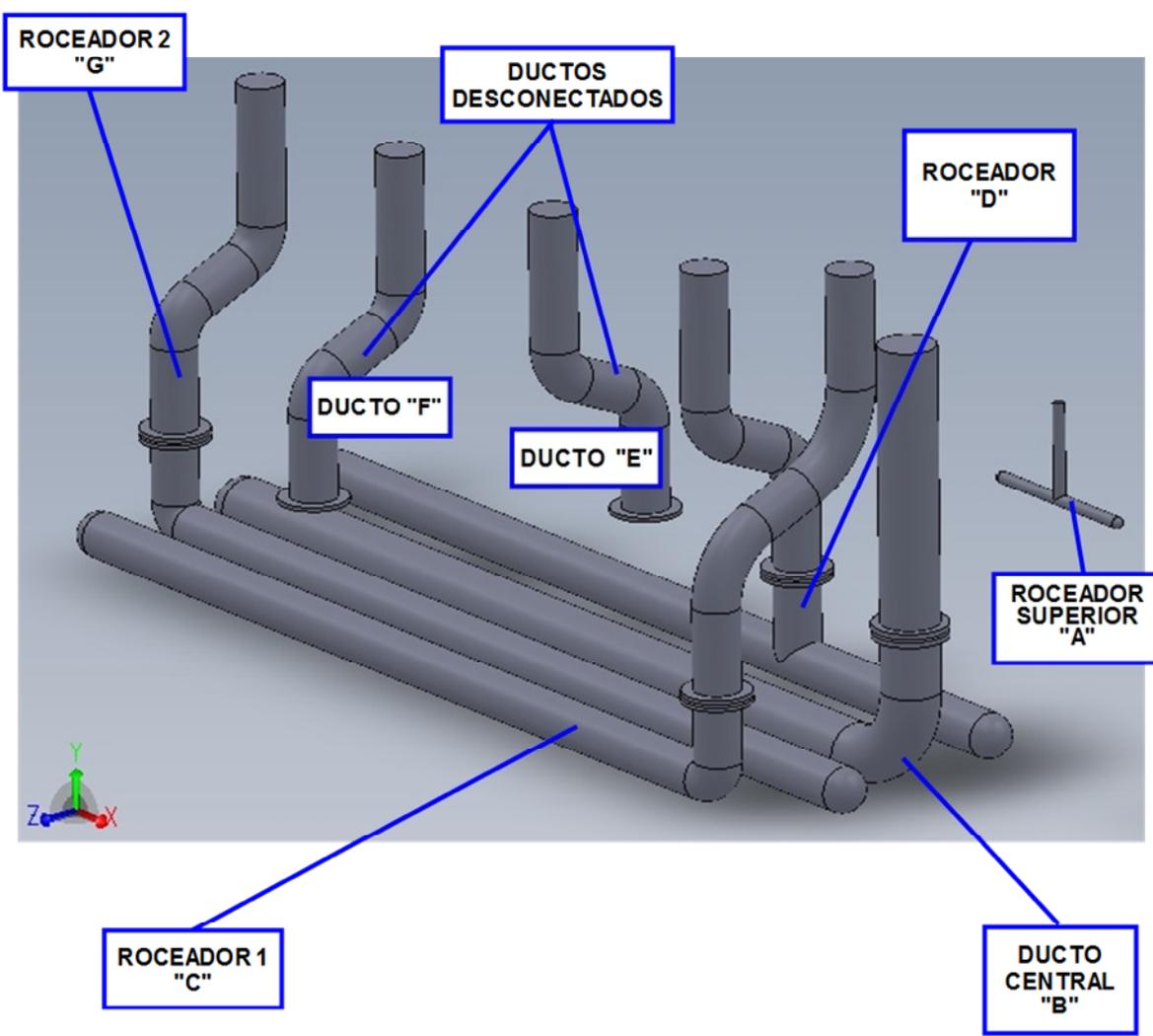
El ingeniero y/o técnico nivel II será el responsable de evaluar e interpretar los resultados obtenidos durante el trabajo y determinará su aceptabilidad de acuerdo a los estándares establecidos por el Código que se aplique, en este caso código ASME VIII div. 1.

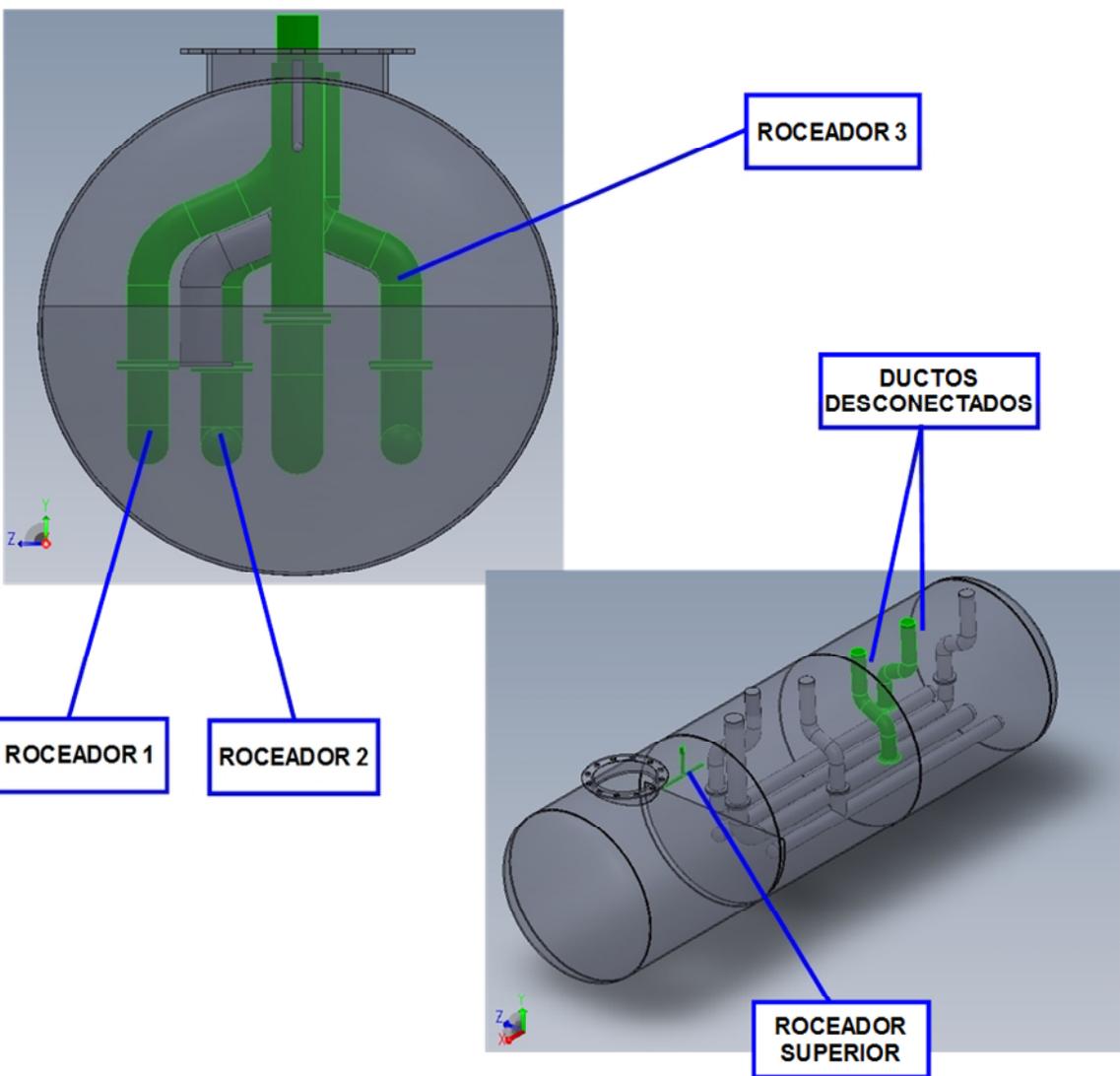
5.7 Propuesta y resultados de plan de inspección del estanque acumulador.

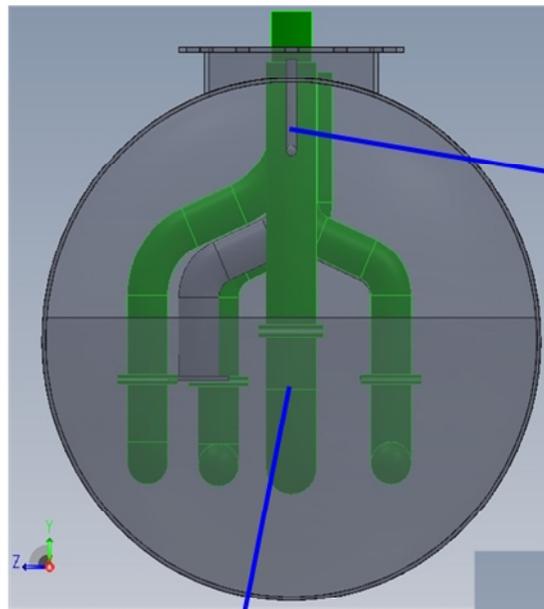
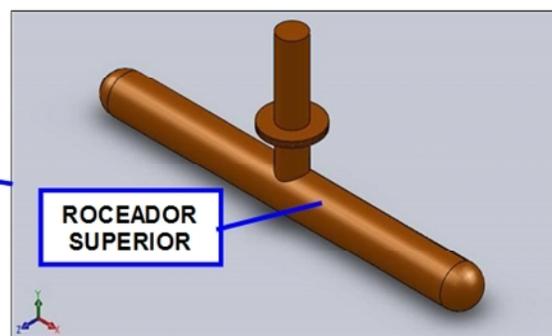
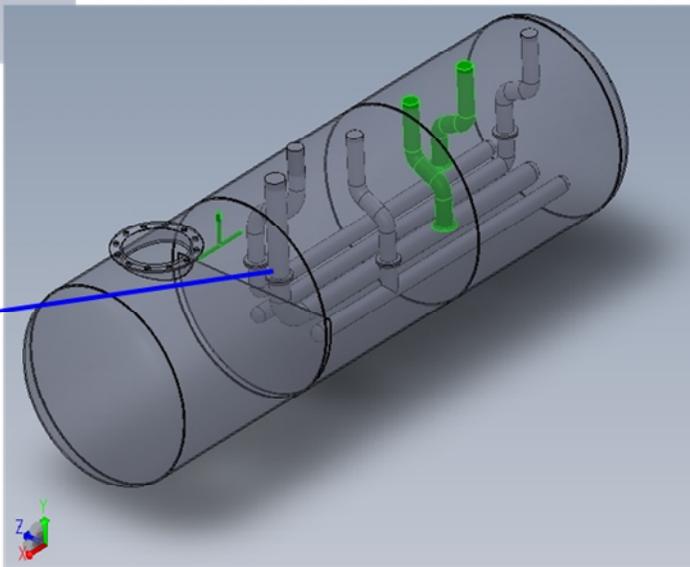


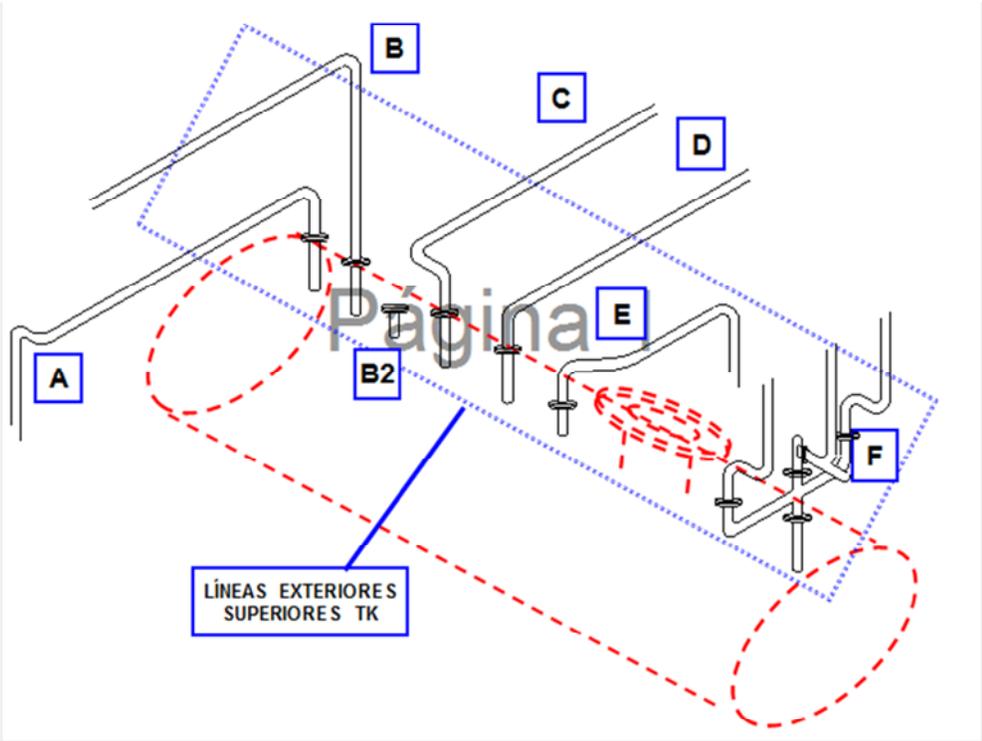
REV.	FECHA	INSPECTOR	REVISADO	APROBADO	NOTAS
<p>PANELES ARAUCO</p> <p>PLANTA NUEVA ALDEA</p>					
<p>DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN PREDICTIVA</p>					
			DOCUMENTO N°		
			TITULO		
			TK ACUMULADOR DE VAPOR LINEA 1		
AREA		DESCRIPCIÓN			
VAPOR Y CONDENSADO		INSPECCIÓN NDT VT-UT-PT TK ACUMULADOR DE VAPOR LINEA 1			

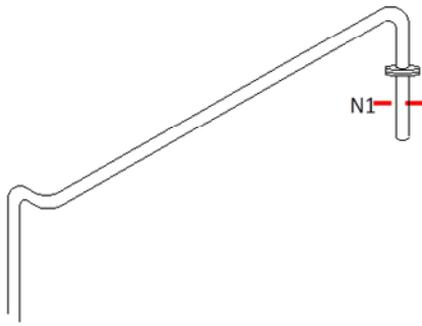
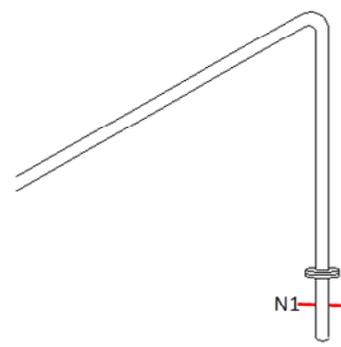
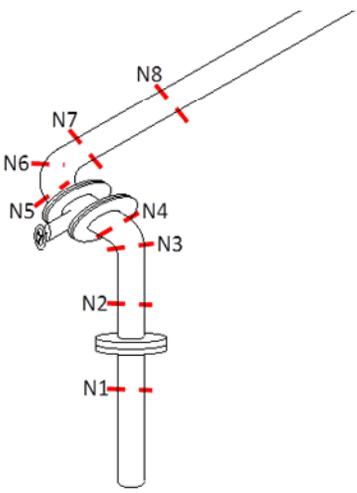
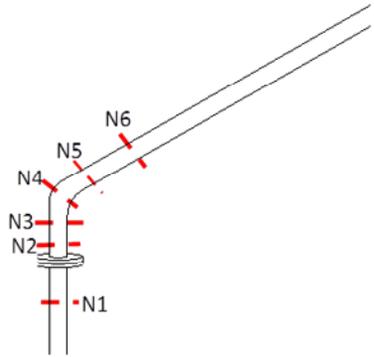
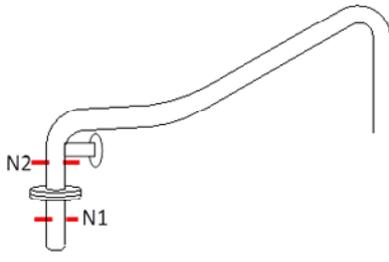
		Título				Doc. N°							
		DETALLE DE INSPECCIONES VISUALES GENERAL				DIV REV. Hoja 1 de 17							
						Fecha							
Línea	1	Area	vapor	Descripción				Equipo N°	PIC N°				
				INSPECCIÓN NDT TK ACUMULADOR DE VAPOR LINEA 1				S/I					
Docto. Tec. Aplicable		Proced. General		Criticidad	Material base		Plano referencia						
ASME VY VIII		GT-TM-01		S/I	Acero Carbono		S/I						
Norma Fabricación		Presión de trabajo		Instructivo de trabajo		Condición Superficial	Método Empleado		Norma de evaluación				
ASME VIII Div I		S/I		N/A		NORMAL	VT		ASMEV				
I T E M	Parte a Inspeccionar	Discontinuidad Detectada					Evaluación	Resultado			Requiere		
		Poros	Socavación	Cráter	Falta Fusión	Grietas		Otros	A	MO	R	PT	TM
1.0	ESTANQUE INTERIOR	x					x						
2.0	ESTANQUE EXTERIOR							x					
3.0	DUCTOS ROCEADORES							x					
4.0	LÍNEAS PERIFÉRICAS							x					
5.0													
6.0													
7.0													
8.0													
9.0													
10.													
A = Aprobado		MO = Mantener en observación		R = Reparar		MT = Part. Magneticas		TM = Med. Espesores		RT = Radiografía			
Importante - Para efectuar reparaciones mediante soldadura, aplicar WPS - WPQ correspondiente y solicitar calif. Del soldador.										Se adjunta Sk etch			
Recomendaciones y Comentarios: Se realizó inspección visual directa a uniones soldadas y estado estructural del TK acumulador de vapor línea 1 y líneas periféricas, observándose lo siguiente:													
ESTANQUE INTERIOR: Se detectó desgastes severos provocados por flujo de vapor, en las paredes, flange y parche de ducto central.													
ESTANQUE EXTERIOR: Sin acceso por presencia de aislación térmica MO.													
DUCTOS ROCIADORES: Presentan desgaste en zonas puntuales debido al flujo de vapor en interior del tanque MO.													
LÍNEAS PERIFÉRICAS EXTERIORES: No presenta indicaciones relevantes.MO													
OBSERVACIÓN: Se recomienda para futuras inspecciones hacer ventanas en la aislación para ver el nivel de corrosión en la superficie exterior del tanque.													
Control de Tiempos	Limpieza			Inspección			Total de horas Utilizadas						
	Inicio			Inicio			Limpieza						
	Término			Término			Inspección						
	Inspector			Revisado			PANELES ARAUCO						
Firma y Timbre													
Nombre													
Fecha													

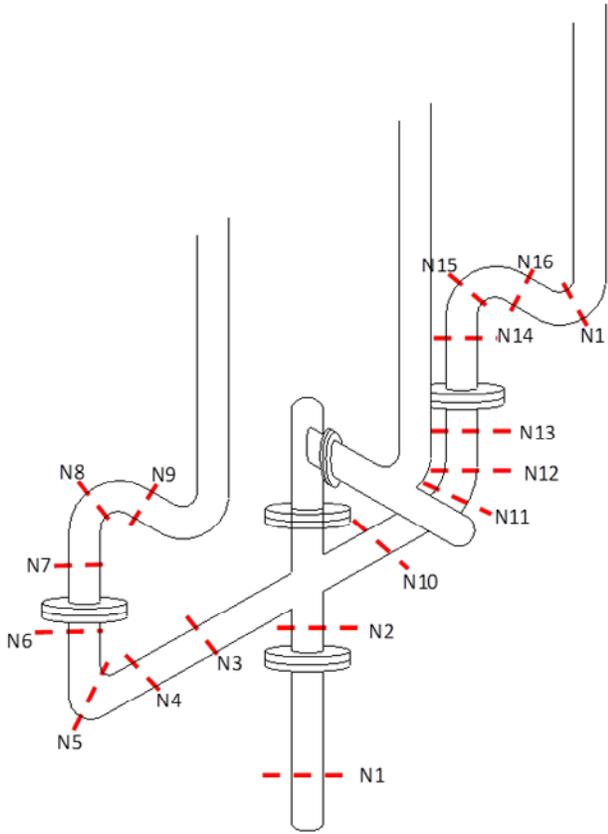
		Título		Doc. N°			
		<p style="text-align: center;">SKECHT</p>		SK			
				REV. Hoja 2 de 17			
				Fecha			
Línea	Área	Descripción		Equipo N°	PIC N°		
1	VAPOR	TK A CUMULADOR DE VAPOR Y LÍNEAS PERIFÉRICAS					
							
		Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO	
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

		Título		Doc. N°			
		SKECHT		SK			
				REV. Hoja 3 de 17			
				Fecha			
Línea	Area	Descripción		Equipo N°		PIC N°	
1	vapor	TK A CUMULADOR DE VAPOR Y LINEAS PERIFERICAS					
							
		Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO	
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

		Título		Doc. N°			
		SKECHT		SK			
				REV. Hoja 4 de 17			
		Fecha					
Línea	Area	Descripción		Equipo N°	PIC N°		
1	vapor	TKA CUMULADOR DE VAPOR Y LINEAS PERIFERICAS					
  							
		Inspector	Revisado	PANELES ARAUCO			
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

		Título <p style="text-align: center;">SKECHT</p>		Doc. N° <p style="text-align: center;">SK</p>			
				REV. Hoja 5 de 17			
				Fecha			
Línea 1	Area vapor	Descripción INSPECCIÓN LÍNEAS PERIFÉRICAS			Equipo N°	PIC N°	
							
		Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO	
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

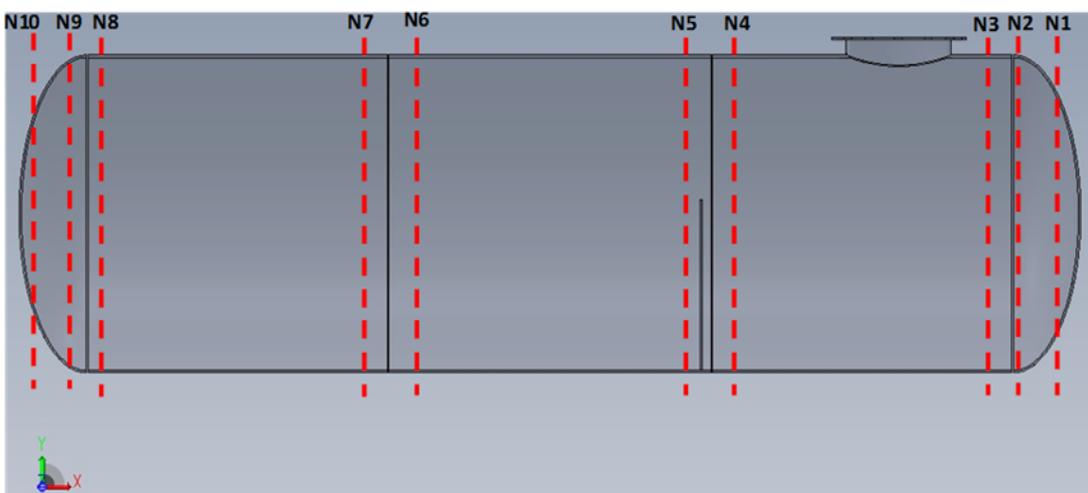
		Título		Doc. N°			
		SKECHT		SK			
				REV. Hoja 6 de 17			
				Fecha			
Línea	Área	Descripción			Equipo N°	PIC N°	
1	vapor	INSPECCIÓN LÍNEAS PERIFÉRICAS					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>DUCTO "A"</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>BOQUILLA "B2"</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>BOQUILLA "B"</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>BOQUILLA "C"</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>BOQUILLA "D"</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>BOQUILLA "E"</p>  </div> </div>							
		Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO	
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

		Título		Doc. N°.			
		SKECHT		SK			
				REV. Hoja 7 de 17			
				Fecha			
Línea 1	Área vapor	Descripción INSPECCIÓN LÍNEAS PERIFÉRICAS			Equipo N°	PIC N°	
<p>DUCTO "F"</p> 							
		Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO	
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

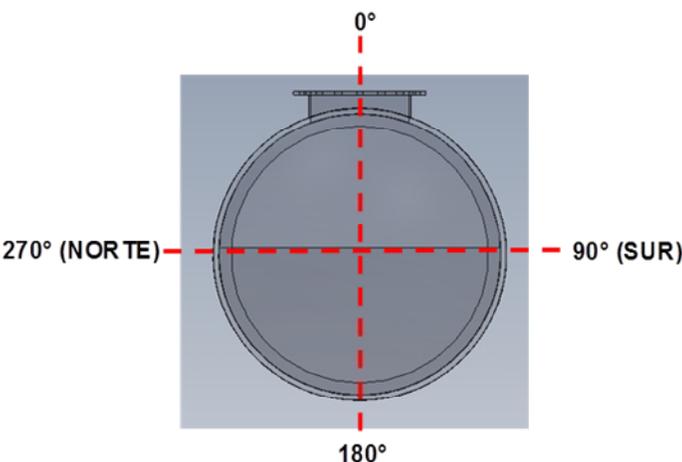
		Título INFORME DE MEDICIÓN DE ESPEORES			Doc. N° IME																																																																																																																																																								
					REV. Hoja 8 de 17																																																																																																																																																								
					Fecha																																																																																																																																																								
Línea 1	Area vapor	Descripción LÍNEAS PERIFÉRICAS			Equipo N°	PIC N°																																																																																																																																																							
Docto. Tec. Aplicable ASME I, V & VIII		Proced. General GT-TM-02	Criticidad S/I	Material base ACERO CARBONO		Plano referencia S/I																																																																																																																																																							
Norma Fabricación ASME VIII		Presión de trabajo S/I	Instructivo de trabajo N/A	Condición Superficial S/I		Marca del equipo 37 DL PANAMETRICS	Norma de evaluación ASMEV, ASME VIII																																																																																																																																																						
Tipo de Palpador DUAL		Frecuencia 5 mhz	Acoplante Gel Ultrasónico	Patrón de Calibración Escalonado		Técnica de Medición Eco-pulso																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="5">"A"</th></tr> <tr><th></th><th>0°</th><th>90°</th><th>180°</th><th>270°</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>N1</td><td>4,0</td><td>4,0</td><td>4,0</td><td>4,0</td></tr> </tbody> </table>		"A"						0°	90°	180°	270°	N1	4,0	4,0	4,0	4,0	<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="5">"D"</th></tr> <tr><th></th><th>0°</th><th>90°</th><th>180°</th><th>270°</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>N1</td><td>5,6</td><td>5,5</td><td>5,5</td><td>5,5</td></tr> <tr><td>N2</td><td>5,6</td><td>5,8</td><td>5,6</td><td>5,9</td></tr> <tr><td>N3</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N4</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N5</td><td>5,6</td><td>5,7</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N6</td><td>5,6</td><td>5,5</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> </tbody> </table>		"D"						0°	90°	180°	270°	N1	5,6	5,5	5,5	5,5	N2	5,6	5,8	5,6	5,9	N3	5,6	5,6	5,6	5,6	N4	5,6	5,6	5,6	5,6	N5	5,6	5,7	5,6	5,6	N6	5,6	5,5	5,6	5,6	<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="5">"F"</th></tr> <tr><th></th><th>0°</th><th>90°</th><th>180°</th><th>270°</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>N1</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N2</td><td>5,5</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N3</td><td>6,2</td><td>6,2</td><td>6,1</td><td>6,2</td></tr> <tr><td>N4</td><td>5,5</td><td>6,0</td><td>6,6</td><td>5,9</td></tr> <tr><td>N5</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,5</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N6</td><td>5,4</td><td>5,4</td><td>5,3</td><td>5,4</td></tr> <tr><td>N7</td><td>5,5</td><td>5,5</td><td>5,5</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N8</td><td>4,7</td><td>5,1</td><td>5,6</td><td>5,2</td></tr> <tr><td>N9</td><td>5,8</td><td>5,8</td><td>5,8</td><td>5,8</td></tr> <tr><td>N10</td><td>6,1</td><td>6,1</td><td>6,0</td><td>6,1</td></tr> <tr><td>N11</td><td>5,7</td><td>6,6</td><td>6,9</td><td>6,4</td></tr> <tr><td>N12</td><td>5,6</td><td>5,5</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N13</td><td>5,6</td><td>5,5</td><td>5,6</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>N14</td><td>5,7</td><td>5,6</td><td>5,5</td><td>5,5</td></tr> <tr><td>N15</td><td>5,6</td><td>5,8</td><td>6,1</td><td>5,8</td></tr> <tr><td>N16</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,6</td><td>5,7</td></tr> <tr><td>N17</td><td>5,2</td><td>5,4</td><td>5,8</td><td>5,3</td></tr> </tbody> </table>				"F"						0°	90°	180°	270°	N1	5,6	5,6	5,6	5,6	N2	5,5	5,6	5,6	5,6	N3	6,2	6,2	6,1	6,2	N4	5,5	6,0	6,6	5,9	N5	5,6	5,6	5,5	5,6	N6	5,4	5,4	5,3	5,4	N7	5,5	5,5	5,5	5,6	N8	4,7	5,1	5,6	5,2	N9	5,8	5,8	5,8	5,8	N10	6,1	6,1	6,0	6,1	N11	5,7	6,6	6,9	6,4	N12	5,6	5,5	5,6	5,6	N13	5,6	5,5	5,6	5,6	N14	5,7	5,6	5,5	5,5	N15	5,6	5,8	6,1	5,8	N16	5,6	5,6	5,6	5,7	N17	5,2	5,4	5,8	5,3
"A"																																																																																																																																																													
	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																									
N1	4,0	4,0	4,0	4,0																																																																																																																																																									
"D"																																																																																																																																																													
	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																									
N1	5,6	5,5	5,5	5,5																																																																																																																																																									
N2	5,6	5,8	5,6	5,9																																																																																																																																																									
N3	5,6	5,6	5,6	5,6																																																																																																																																																									
N4	5,6	5,6	5,6	5,6																																																																																																																																																									
N5	5,6	5,7	5,6	5,6																																																																																																																																																									
N6	5,6	5,5	5,6	5,6																																																																																																																																																									
"F"																																																																																																																																																													
	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																									
N1	5,6	5,6	5,6	5,6																																																																																																																																																									
N2	5,5	5,6	5,6	5,6																																																																																																																																																									
N3	6,2	6,2	6,1	6,2																																																																																																																																																									
N4	5,5	6,0	6,6	5,9																																																																																																																																																									
N5	5,6	5,6	5,5	5,6																																																																																																																																																									
N6	5,4	5,4	5,3	5,4																																																																																																																																																									
N7	5,5	5,5	5,5	5,6																																																																																																																																																									
N8	4,7	5,1	5,6	5,2																																																																																																																																																									
N9	5,8	5,8	5,8	5,8																																																																																																																																																									
N10	6,1	6,1	6,0	6,1																																																																																																																																																									
N11	5,7	6,6	6,9	6,4																																																																																																																																																									
N12	5,6	5,5	5,6	5,6																																																																																																																																																									
N13	5,6	5,5	5,6	5,6																																																																																																																																																									
N14	5,7	5,6	5,5	5,5																																																																																																																																																									
N15	5,6	5,8	6,1	5,8																																																																																																																																																									
N16	5,6	5,6	5,6	5,7																																																																																																																																																									
N17	5,2	5,4	5,8	5,3																																																																																																																																																									
		Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO																																																																																																																																																							
Firma y Timbre																																																																																																																																																													
Nombre																																																																																																																																																													
Fecha																																																																																																																																																													

		Título DETALLE DE INSPECCIONES VISUALES INTERIOR				Doc. N° DIV										
						REV. Hoja 9 de 17										
						Fecha										
Línea	Area	Descripción				Equipo N°	PIC N°									
1	vapor	INSPECCIÓN NDT TK ACUMULADOR DE VAPOR Y LÍNEAS PERIFÉRICAS				S/I										
Docto. Tec. Aplicable		Proced. General		Criticidad	Material base		Plano referencia									
ASME V Y VIII		GT-TM-01		S/I	Acero Carbono		S/I									
Norma Fabricación		Presión de trabajo		Instructivo de trabajo	Condición Superficial		Método Empleado		Norma de evaluación							
ASME VIII Div I		S/I		N/A	NORMAL		VT		ASME V							
I T E M	Parte a Inspeccionar	Discontinuidad Detectada						Evaluación				Resultado		Requiere		
		Poros	Socavación	Cráter	Falta Fusión	Grietas	Otros									
1.0	MANTO INTERIOR	x					x	Desgaste y poro								
2.0	MANTO EXTERIOR							Sin acceso								
3.0	ROCIADOR CENTRAL						x	Desgaste severo						x		
4.0	ROCIADOR ANDES						x	Desgaste								
5.0	ROCIADOR PACÍFICO						x	Desgaste								
6.0	UNIONES SOLDADAS	x						Poros						x		
7.0	LÍNEAS PERIFÉRICAS							Sin indicaciones						x		
8.0																
9.0																
10.																
A = Aprobado		MO = Mantener en observación		R = Reparar	MT = Part. Magneticas		TM = Med. Espesores		RT = Radiografía							
Importante - Para efectuar reparaciones mediante soldadura, aplicar WPS - WPQ correspondiente y solicitar calif. Del soldador.								Se adjunta Sketch								
Recomendaciones y Comentarios: Se realizó inspección NDT-VT;PT; a uniones soldadas y estado estructural en estanque acumulador de vapor línea 1. Se realizó NDT-TM a ductos interiores y líneas periféricas, observándose lo siguiente:																
MANTO INTERIOR: Presenta desgaste debido al flujo de vapor. Cruce n°1 del manto, presenta poro aislado A. (foto4-9-10)																
MANTO EXTERIOR: sin acceso, por presencia de aislación MO. (foto5-6-7-8)																
ROCIADOR CENTRAL: Zona inferior presenta desgaste, observándose además pérdida de empaquetadura. Pérdida de pemos y rotura por parche. (foto 1-2-3)																
ROCIADOR ANDES: Presenta desgaste en zona inferior. MO (foto7)																
ROCIADOR PACIFICO: Zona superior presenta desgaste MO. (foto8)																
UNIONES SOLDADAS: Zona del flange presenta poros agrupados. MO (foto11-12)																
LÍNEAS PERIFÉRICAS: No presenta indicaciones relevantes. (foto5-6)																
OBSERVACIÓN: Se recomienda para futuras inspecciones hacer ventanas en la aislación para ver el nivel de corrosión en superficie exterior del tanque. Realizar reparaciones en la próxima detención del equipo.																
Control de Tiempos	Limpieza				Inspección				Total de horas Utilizadas							
	Inicio				Inicio				Limpieza							
	Término				Término				Inspección							
Inspector				Revisado				PANELES ARAUCO								
Firma y Timbre																
Nombre																
Fecha																

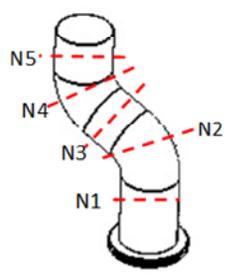
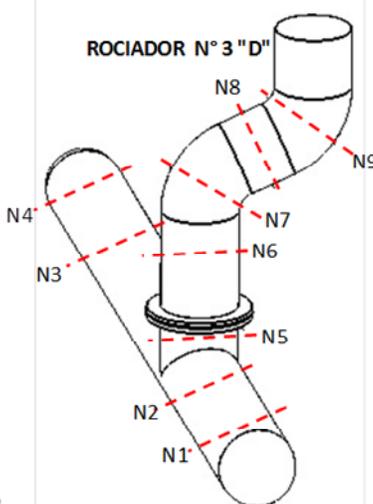
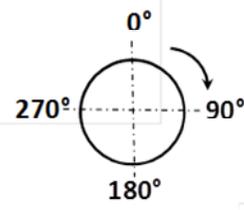
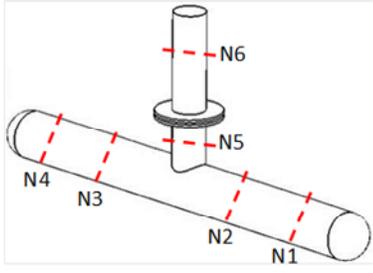
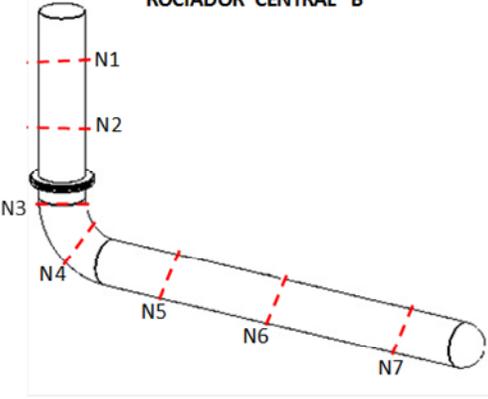
		Título		Doc. N°			
		SKECHT		SK			
				REV. Hoja 10 de 17			
				Fecha			
Línea	Area	Descripción		Equipo N°	PIC N°		
1	vapor	TK ACUMULADOR DE VAPOR Y LÍNEAS PERIFÉRICAS					

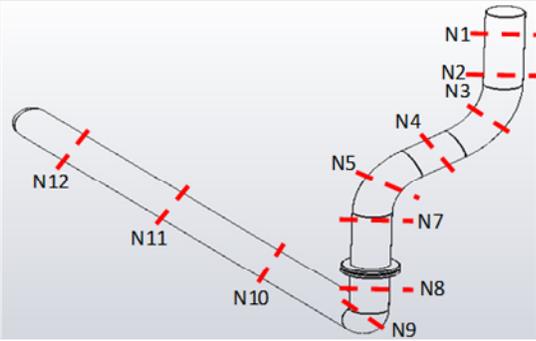
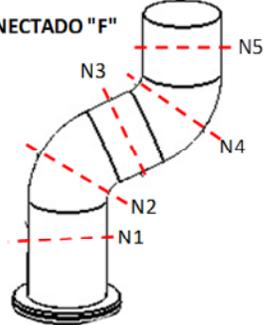
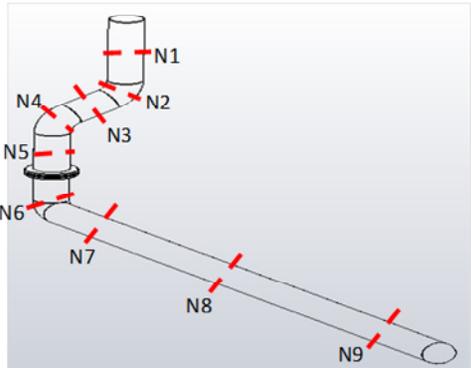


ANDES **PACÍFICO**



	Inspector	Revisado	PANELES ARAUCO
Firma y Timbre			
Nombre			
Fecha			

		Título		Doc. N°			
		SKECHT		SK			
				REV. Hoja 11 de 17			
				Fecha			
Linea	Area	Descripción		Equipo N°	PIC N°		
1	vapor	DUCTOS ROCIADORES					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>DUCTO DESCONECTADO "E"</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ROCIADOR N° 3 "D"</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ROCIADOR SUPERIOR "A"</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ROCIADOR CENTRAL "B"</p>  </div> </div>							
		Inspector	Revisado	PANELES ARAUCO			
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

		Título		Doc. N°		
		SKECHT		SK		
				REV.	Hoja 12 de 17	
				Fecha		
Línea	Area	Descripción		Equipo N°	PIC N°	
1	vapor	DUCTOS ROCEADORES				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>ROCIADOR N°1 "C"</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>DUCTO DESCONECTADO "F"</p>  </div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ROCIADOR N°2 "G"</p>  </div>						
		Inspector	Revisado	PANELES ARAUCO		
		Firma y Timbre				
		Nombre				
		Fecha				

		Título INFORME DE MEDICIÓN DE ESPESORES			Doc. N° IME		
					REV. Hoja 13 de 17		
					Fecha		
Línea	Area	Descripción			Equipo N°	PIC N°	
1	vapor	DUCTOS ROCEADORES					
Docto. Tec. Aplicable		Proced. General	Criticidad	Material base		Plano referencia	
ASME I, V & VIII		GT-TM-02	S/I	ACERO CARBONO		S/I	
Norma Fabricación		Presión de trabajo	Instructivo de trabajo	Condición Superficial		Marca del equipo	Norma de evaluación
ASME VIII		S/I	N/A	S/I		37 DL PANAMETRICS	ASME V, ASME VIII
Tipo de Palpador		Frecuencia	Acoplante	Patrón de Calibración		Técnica de Medición	
DUAL		5 mhz	Gel Ultrasónico	Escalonado		Eco-pulso	

"A"				
	0°	90°	180°	270°
N1	2,6	2,7	2,8	2,5
N2	2,8	2,8	2,7	2,7
N3	2,7	2,8	2,8	2,7
N4	3,3	3,3	3,2	3,3
N5	5,6	5,5	5,5	5,6

"B"				
	0°	90°	180°	270°
N1	9,7	9,7	9,6	9,7
N2	9,6	9,3	9,4	9,6
N3	4,2	4,6	5,1	4,8
N4	4,5	4,8	5,3	4,7
N5	3,9	3,9	3,9	3,8
N6	3,8	3,8	3,8	3,9
N7	3,9	4,0	3,8	3,9
N8	4,0	4,0	3,9	3,8

"C"				
	0°	90°	180°	270°
N1	7,2	7,1	7,1	7,2
N2	7,2	7,2	7,2	7,1
N3	7,0	7,4	7,4	7,1
N4	7,2	7,2	7,3	7,1
N5	7,2	7,2	7,2	7,1
N6	7,1	6,6	7,1	7,4
N7	7,4	7,4	7,4	7,4
N8	3,8	3,9	4,9	3,6
N9	3,5	4,1	4,8	3,9
N10	3,5	3,3	3,4	3,4
N11	3,4	3,4	3,4	3,4
N12	3,4	3,4	3,4	3,4

"D"				
	0°	90°	180°	270°
N1	3,6	3,6	3,6	3,6
N2	3,7	3,6	3,8	3,7
N3	8,3	8,4	8,4	8,4
N4	8,3	8,3	8,4	8,3
N5	3,6	3,8	4,0	3,9
N6	13,1	12,9	13,0	12,8
N7	7,6	7,8	7,6	7,4
N8	12,9	12,8	12,6	12,7
N9	8,1	7,9	8,2	8,5

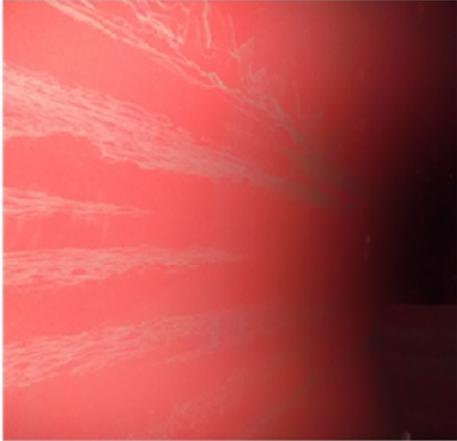
"E"				
	0°	90°	180°	270°
N1	13,2	13,1	13,3	13,2
N2	7,3	8,0	7,5	7,0
N3	12,8	12,6	12,8	12,7
N4	7,5	7,6	7,4	7,3
N5	12,5	12,6	12,6	12,9

"F"				
	0°	90°	180°	270°
N1	7,2	7,2	7,2	7,2
N2	7,7	7,0	7,3	8,2
N3	7,2	7,2	7,3	7,2
N4	7,5	8,1	7,6	6,8

"G"				
	0°	90°	180°	270°
N1	7,0	7,1	7,0	7,1
N2	6,7	7,1	6,8	6,2
N3	7,7	7,6	7,7	7,5
N4	6,5	6,3	6,6	6,9
N5	7,1	7,2	7,2	7,1
N6	4,8	4,1	3,2	4,2
N7	3,4	3,6	3,5	3,5
N8	3,4	3,5	3,6	3,5
N9	3,5	3,6	3,5	3,4

	Inspector	Revisado	PANELES ARAUCO
Firma y Timbre			
Nombre			
Fecha			

		Título INFORME DE MEDICIÓN DE ESPEORES			Doc. N° IME																																																														
					REV. Hoja 14 de 17																																																														
					Fecha																																																														
Línea	Área	Descripción			Equipo N°	PIC N°																																																													
1	vapor	MANTO CILÍNDRICO Y CABEZALES																																																																	
Docto. Tec. Aplicable ASME I, V & VIII		Proced. General GT-TM-02	Criticidad SI	Material base ACERO CARBONO		Plano referencia S/I																																																													
Norma Fabricación ASME VIII	Presión de trabajo SI	Instructivo de trabajo N/A	Condición Superficial S/I		Marca del equipo 37 DL PANAMETRICS	Norma de evaluación ASME V, ASME VIII																																																													
Tipo de Palpador DUAL	Frecuencia 5 mhz	Acoplante Gel Ultrasónico		Patrón de Calibración Escalonado	Técnica de Medición Eco-pulso																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">MANTO CILÍNDRICO Y CABEZALES</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N1</td><td>19,7</td><td>19,6</td><td>19,5</td><td>19,6</td></tr> <tr><td>N2</td><td>19,6</td><td>19,6</td><td>19,5</td><td>19,5</td></tr> <tr><td>N3</td><td>18,9</td><td>18,7</td><td>18,7</td><td>18,8</td></tr> <tr><td>N4</td><td>18,3</td><td>18,4</td><td>18,4</td><td>18,7</td></tr> <tr><td>N5</td><td>18,2</td><td>18,4</td><td>18,2</td><td>18,6</td></tr> <tr><td>N6</td><td>18,1</td><td>18,6</td><td>18,3</td><td>18,4</td></tr> <tr><td>N7</td><td>19,1</td><td>18,9</td><td>19,0</td><td>19,0</td></tr> <tr><td>N8</td><td>18,9</td><td>18,8</td><td>18,9</td><td>18,7</td></tr> <tr><td>N9</td><td>19,1</td><td>19,5</td><td>19,2</td><td>19,4</td></tr> <tr><td>N10</td><td>19,6</td><td>19,4</td><td>19,3</td><td>19,2</td></tr> </tbody> </table>								MANTO CILÍNDRICO Y CABEZALES						0°	90°	180°	270°	N1	19,7	19,6	19,5	19,6	N2	19,6	19,6	19,5	19,5	N3	18,9	18,7	18,7	18,8	N4	18,3	18,4	18,4	18,7	N5	18,2	18,4	18,2	18,6	N6	18,1	18,6	18,3	18,4	N7	19,1	18,9	19,0	19,0	N8	18,9	18,8	18,9	18,7	N9	19,1	19,5	19,2	19,4	N10	19,6	19,4	19,3	19,2
MANTO CILÍNDRICO Y CABEZALES																																																																			
	0°	90°	180°	270°																																																															
N1	19,7	19,6	19,5	19,6																																																															
N2	19,6	19,6	19,5	19,5																																																															
N3	18,9	18,7	18,7	18,8																																																															
N4	18,3	18,4	18,4	18,7																																																															
N5	18,2	18,4	18,2	18,6																																																															
N6	18,1	18,6	18,3	18,4																																																															
N7	19,1	18,9	19,0	19,0																																																															
N8	18,9	18,8	18,9	18,7																																																															
N9	19,1	19,5	19,2	19,4																																																															
N10	19,6	19,4	19,3	19,2																																																															
	Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO																																																														
Firma y Timbre																																																																			
Nombre																																																																			
Fecha																																																																			

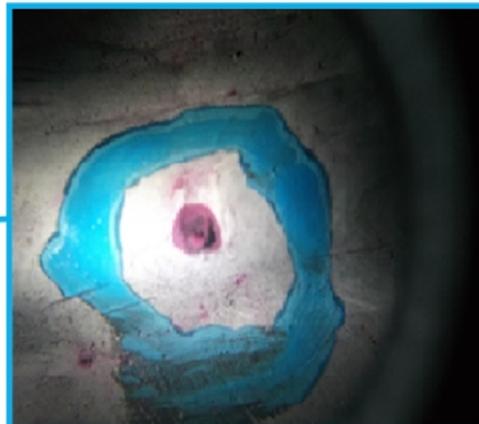
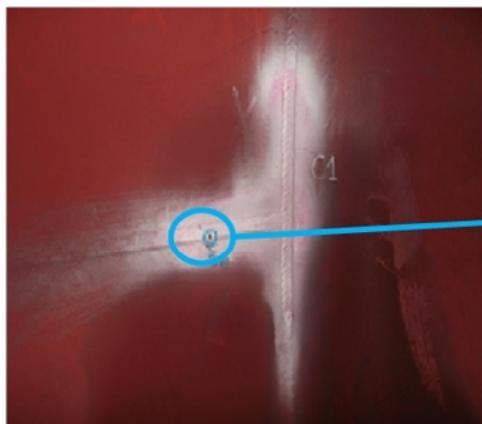
		Título		Doc. N°			
		FOTOS		FT			
				REV. Hoja 15 de 17			
				Fecha			
Línea	Area	Descripción		Equipo N°	PIC N°		
1	vapor	TK ACUMULADOR DE VAPOR Y LÍNEAS PERIFÉRICAS					
FALTA DE PERNOS EN FLANGE(foto1)				DESGASTE DE FLANGE Y PERDIDA EMPAQUETADURA (foto2)			
							
PARCHE DUCTO CENTRAL (foto4)				MANTO INTERIOR (foto3)			
							
Importante - Agregar en Skecht n° de la Foto para ubicación.						Se adjunta Sketch	
	Inspector		Revisado		PANELES ARAUCO		
Firma y Timbre							
Nombre							
Fecha							

		Título <p style="text-align: center;">FOTOS</p>		Doc. N° <p style="text-align: center;">FT</p>	
				REV. Hoja 16 de 17	
				Fecha	
Línea 1	Area vapor	Descripción TK ACUMULADOR DE VAPOR Y LÍNEAS PERIFÉRICAS	Equipo N°	PIC N°	
LINEAS Y MANTO EXTERIOR (fotos 5-6)					
					
ROCEADOR ANDES (foto7)			ROCEADOR PACIFICO (foto8)		
					
Importante - Agregar en Sketch n° de la Foto para ubicación.					Se adjunta Sketch
	Inspector	Revisado	PANELES ARAUCO		
Firma y Timbre					
Nombre					
Fecha					

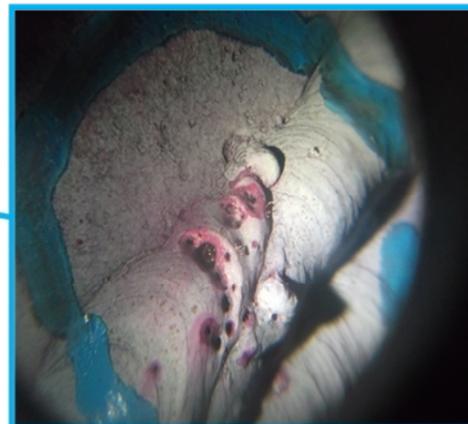
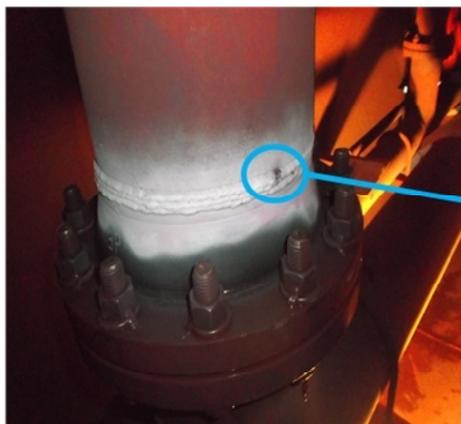
		Título		Doc. N°		
		FOTOS		FT		
				REV.	Hoja	
				17 de 17		
				Fecha		

Línea	Area	Descripción	Equipo N°	PIC N°
2	vapor	TK ACUMULADOR DE VAPOR Y LÍNEAS PERIFÉRICAS		

CRUCE DE UNIONES SOLDADAS DEL MANTO (foto 9-10)



DUCTO CENTRAL UNION SOLDADA (foto 11-12)



Importante - Agregar en Skecht n° de la Foto para ubicación. Se adjunta Sketch

	Inspector	Revisado	PANELES ARAUCO
Firma y Timbre			
Nombre			
Fecha			

Conclusión.

En el trabajo de título realizado se analizó el estado funcional y estructural de un estanque acumulador de vapor que se requiere volver a poner en servicio luego de un siniestro ocurrido en la planta Paneles Nueva Aldea, cumpliendo con el propósito de alcanzar los objetivos planteados, fue necesario recurrir a los conocimientos de mantención predictiva y la aplicación de distintas normas internacionales, con el fin de realizar un procedimiento que permita optimizar mantenciones posteriores.

Se logra satisfactoriamente realizar el levantamiento general del equipo, pudiendo establecer su ubicación geográfica y dimensionamiento de las partes para elaborar los planos y desglose del equipo y sus singularidades, con el fin de obtener una visualización de todos los lugares a inspeccionar. Gracias a esto fue posible realizar el modelamiento en 3D y así entregar una alta cantidad de detalles a los usuarios que comúnmente no visitan los trabajos en terreno.

Para ello se consiguió elaborar exitosamente un plan de inspección que servirá como un manual para detectar las posibles fallas que podría presentar a futuro el equipo y los accesorios que lo constituyen, permitiendo establecer un parámetro de criticidad, donde se podrá identificar zonas de fallas recurrentes, gracias a las características técnicas recopiladas en terreno, de tal manera que la empresa pueda tener un criterio para disponer si el equipo seguirá funcionando bajo constante observación o si requiere ser reparado con previa detención.

Una vez diseñado el plan de mantenimiento, se realizó la inspección del equipo en terreno con personal calificado que aplicó los ensayos no destructivos, los cuales correspondieron a inspección visual, medición de espesores y líquidos penetrantes, debido a que estos tienen un menor costo de aplicación y son necesarios para la detección de fallas relevantes.

Estos nos permitieron revelar las siguientes indicaciones:

- Manto interior presenta desgaste severo provocado por flujo de vapor en paredes, flange y parche de ducto central.
- Manto exterior se debe mantener en observación puesto que no se tiene acceso por presencia de aislación térmica.
- Ductos rociadores presentan desgaste en zonas puntuales debido al flujo de vapor en el interior de estanque.
- Uniones soldadas, en la zona próxima al flange de un ducto rociador presenta poros agrupados.
- Líneas periféricas exteriores no presentan indicaciones relevantes.

Para los defectos encontrados se recomienda mantener en observación permanente para estudiar la evolución y la criticidad de la falla y si es posible realizar inspecciones con el equipo en servicio.

Bibliografía.

- Otegui, Jose Luis y Rubertis, Esteban. Cañerías y recipientes de presión. Mar del Plata, Argentina. Editorial EUDEM, 2008.Tomo II.
- Código Asme, Sección VIII Div. 1. Diseño, construcción e inspección de tanques y recipientes a presión. <http://proyectopiping.blogspot.com/2013/11/introduccion-al-codigo-asme-seccion.html>
- Código Asme, Sección V. Pruebas de ensayos no destructivos.
- API 510. Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance Inspection, Rating, Repair, and Alteration, Ed. June 1997.
- Descripción de proceso productivo. <http://www.arauco.cl/flash/base.swf>