

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“RENOVACIÓN INTEGRAL DEL HORNO 02H1 DE LA UNIDAD  
DE DESTILACIÓN PRIMARIA-II DE REFINERÍA  
LA PAMPILLA, VENTANILLA CALLAO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**JUAN LUIS SALGUERO TARAZONA**

Callao, Marzo, 2018

**PERU**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su apoyo, sacrificio, paciencia incondicional y permanente.

A mis seres queridos que de alguna forma se sacrificaron y colaboraron por mi bienestar.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a mi asesor y al Jurado por las guías oportunas realizadas durante el desarrollo de este documento.

Agradezco la oportunidad de poder desarrollarme profesionalmente a mi empresa TECSUR S.A.

Agradezco a mi familia por su motivación permanente y espera.

## ÍNDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN	7
I. OBJETIVOS	
1.1 Objetivo General	9
1.2 Objetivos Específicos	9
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	
2.1 Empresa Tecsur S.A.	9
2.2 Estructura orgánica	11
III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	
3.1 Actividades desarrolladas por la empresa Tecsur S.A.	14
IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA	
4.1 Descripción del Tema	16
4.2 Antecedentes	19
4.3 Planteamiento del Problema	21
4.4 Justificación	24
4.5 Marco teórico	25
4.6 Fases del Proyecto	60

V. EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICO	
5.1 Análisis Estratégico	77
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1 Conclusiones	89
6.2 Recomendaciones	89
VII. REFERENCIALES	91
VIII. APÉNDICE, ANEXOS Y PLANOS	
	95
□ Anexo A : Documentación de trabajos	
□ Anexo A-1 : Procedimiento de Calidad en el Horno 02H1	
□ Anexo A-2 : Procedimiento de permiso de trabajo de alto riesgo	
□ Anexo A-3: Formato charla de cinco minutos	
□ Anexo A-4: Formato de observación planeada	
□ Anexo A-5: Formato de reporte de ocurrencias	
□ Anexo A-6 : Permiso de trabajo en Frio	
□ Anexo A-7 : Permiso de trabajo en Caliente	
□ Anexo B : Plan de inspección del horno 02H1	
□ Plano A : Horno 02H1 vista elevación	
□ Plano B : Horno 02H1 vista planta	
□ Plano C : Horno 02H1 vista soporte de techo	

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 01 : Organigrama de la empresa TECSUR S.A.	11
CUADRO N° 02 : Organigrama de la empresa TECSUR S.A. en refinería La Pampilla	13
CUADRO N° 03 : Listado de principales obras ejecutadas en el 2015-2014	15
CUADRO N° 04 : Color de temperaturas observadas en la llama	47
CUADRO N° 05 : Dimensionamiento de los tubos	47
CUADRO N° 06 : Probabilidad de Falla	57
CUADRO N° 07 : Área o tema que abarcan la matriz RAM	64
CUADRO N° 08 : Matriz RAM y su valoración	66
CUADRO N° 09 : Análisis causa raíz de las fallas del horno 02H1 Parte I	70
CUADRO N° 10 : Análisis causa raíz de las fallas del horno 02H1 Parte II	71
CUADRO N° 11 : Análisis causa raíz de las fallas del horno 02H1 Parte III	74
CUADRO N° 12 : Causas de las fallas en el horno 02H1	75
CUADRO N° 13 : Criticidad de Refinería la Pampilla	72
CUADRO N° 14 : Confianza de Refinería la Pampilla	73
CUADRO N° 15 : Distribución de criticidad y confianza	74
CUADRO N° 16 : Calculo de la criticidad del horno	75
CUADRO N° 17 : Calculo de la confiabilidad o MII	75
CUADRO N° 18 : Calculo de la vida útil del horno	75
CUADRO N° 19 : Cronograma de actividades del proyecto	76
CUADRO N° 20 : Capacidad instalada de refinación	82

CUADRO N° 21 : Costo de mano de obra	88
CUADRO N° 22 : Costo de tuberías y accesorios	89
CUADRO N° 23 : Eficiencia del horno antes de la reparación	90
CUADRO N° 24 : Eficiencia del horno después de la reparación	91
CUADRO N° 25 : Cuadro comparativo de Recuperación vs. Construcción de nuevo horno.	92

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Equipo de TECSUR-ESTÁTICOS en refinería La Pampilla de Repsol Perú	17
FIGURA N° 02: Proceso en la torre de destilación de petróleo	18
FIGURA N° 03: Plano de ubicación de refinería La Pampilla de Repsol S.A.	23
FIGURA N° 04: Hornos cilíndricos verticales y de cabina	26
FIGURA N° 05: Hornos cilíndricos verticales con zona radiante, convectiva y sólo zona radiante	27
FIGURA N° 06: Horno de cabina	27
FIGURA N° 07: Horno cilíndrico vertical	29
FIGURA N° 08: Secciones de transferencia de calor de un horno	30
FIGURA N° 09: Diferentes configuraciones de hornos	31
FIGURA N° 10: Curva de corrosión tubos de 5Cr.½ Mo	32
FIGURA N° 11: Curva de corrosión tubos de 9Cr ½ Mo	33
FIGURA N° 12: Temperaturas típicas de un horno de procesos	34
FIGURA N° 13: Flujo de calor vs temperatura de tubos verticales	34
FIGURA N° 14: Flujo de calor vs temperatura de tubos horizontales	35
FIGURA N° 15: Tubos aletados	36
FIGURA N° 16: Tubos aletados segmentados	37
FIGURA N° 17: Nivel de ensuciamiento tubos aletados seg.	37
FIGURA N° 18: Tubos aletados seg. después de limpieza	38
FIGURA N° 19: Tubos entetonados -Stud tubes	38
FIGURA N° 20: Tubos entetonados -Stud tubes en uso	39
FIGURA N° 21: Ingreso de aire y combustible en un quemador	40



FIGURA N° 22: Ingreso de aire primario y secundario	40
FIGURA N° 23: Quemador dual quema gas y aceite combustible	41
FIGURA N° 24: Quemador de gas combustible de tiro natural	42
FIGURA N° 25: Partes típicas de un horno de procesos	45
FIGURA N° 26: Efecto de las variables en la forma de la llama	46
FIGURA N° 27: Efecto de las variables en la forma de la llama	47
(Continuación)	
FIGURA N° 28: Curva de la bañera	56
FIGURA N° 29: Gráficos del método Causa - Raíz	63
FIGURA N° 30: Distribución de Criticidad	72
FIGURA N° 31: Distribución de Confianza	73
FIGURA N° 32: Gráficos del consumo mundial de petróleo	79
FIGURA N° 33: Gráficos de la producción de Relapasa	86

## INTRODUCCIÓN

Los cambios en la economía mundial, particularmente en el Perú, condujeron a mercados más competitivos y un entorno variable en donde la velocidad de cambio sobrepasa a nuestra capacidad de respuesta, así mismo en el entorno industrial de hoy en día, donde las empresas se enfrentan a mercados globalizados, altos costos de materias primas, restricciones al acceso y altos costos de capital, conduce a que cada unidad monetaria invertida en el cuidado de la instalación debe estar completamente justificada, es decir, debe estar dirigida a atacar una situación específica, y al mismo tiempo, debe tener un impacto positivo en el negocio, de modo que pueda agregar valor al mismo.

Por ello, la cultura de “falla-reemplazo” anteriormente concebida, ha sido desplazada por un enfoque, en donde es imperativo conservar el buen funcionamiento de los equipos durante su vida útil, lo cual permite disminuir que una falla ocurra y pueda generar consecuencias perjudiciales para la empresa, ambiente, personas o equipos. El conocimiento de las fallas asociadas a un equipo se basa en la estimación de la probabilidad de que éste falle y las consecuencias que se desencadenarían a causa de ésta.

Las Refinerías de Petróleo son complejos industriales cuyo trabajo consiste, en separar físicamente y someter a procesos químicos determinados componentes que contiene el petróleo crudo. El proceso consta de varias etapas, por lo que es común observar en las plantas numerosas torres, equipos y tuberías.

Por lo que se hace necesario, implementar acciones de mantenimiento

eficaces que permitan localizar el origen o raíz de la falla mediante el análisis causa-raíz como se llevó a cabo en el horno 02H1 donde se realizó un seguimiento del deterioro en sus sistemas de precalentamiento, calentamiento y fraccionamiento de crudo en la unidad de destilación primaria II, contribuyendo en la mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, resultando beneficioso clasificar los equipos según el riesgo, direccionando así, las actividades de mantenimiento en aquellos equipos que son más susceptibles a fallar o que su falla generaría eventos catastróficos, sin descuidar los equipos menos riesgosos.

Al ser evaluados los equipos de la refinería se determinó que uno de los equipos críticos en el proceso para destilar petróleo crudo es el horno ya que consume cerca del 75% de combustible en su proceso de combustión.

En el presente trabajo se describe las acciones de mantenimiento correctivo en el horno 02H1 de la refinería La Pampilla propiedad de REPSOL S.A., para lo cual se utilizaron los métodos de recopilación bibliográfica actualmente existentes en la mantención de equipos estáticos de la refinería, métodos de detección, análisis y métodos de inspección.

A nuestro entender, se logra tener una clara idea de los fenómenos que llevan a las causas y consecuencias de las fallas, logrando una correcta interpretación de los síntomas que presentan los equipos estáticos, en este caso la del mencionado horno.

## I. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

- Ejecutar la renovación integral del horno 02H1 en la unidad de destilación primaria - II de refinería LaPampilla, Ventanilla – Callao.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aumentar la eficiencia del horno 02H1 de la unidad de destilación primaria - II.
- Restaurar la condición operativa del horno 02H1 de la refinería La Pampilla.
- Prolongar la vida útil del horno de cabina deserpentín horizontal 02H1.

## II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

### 2.1 Empresa Tecsur S.A.

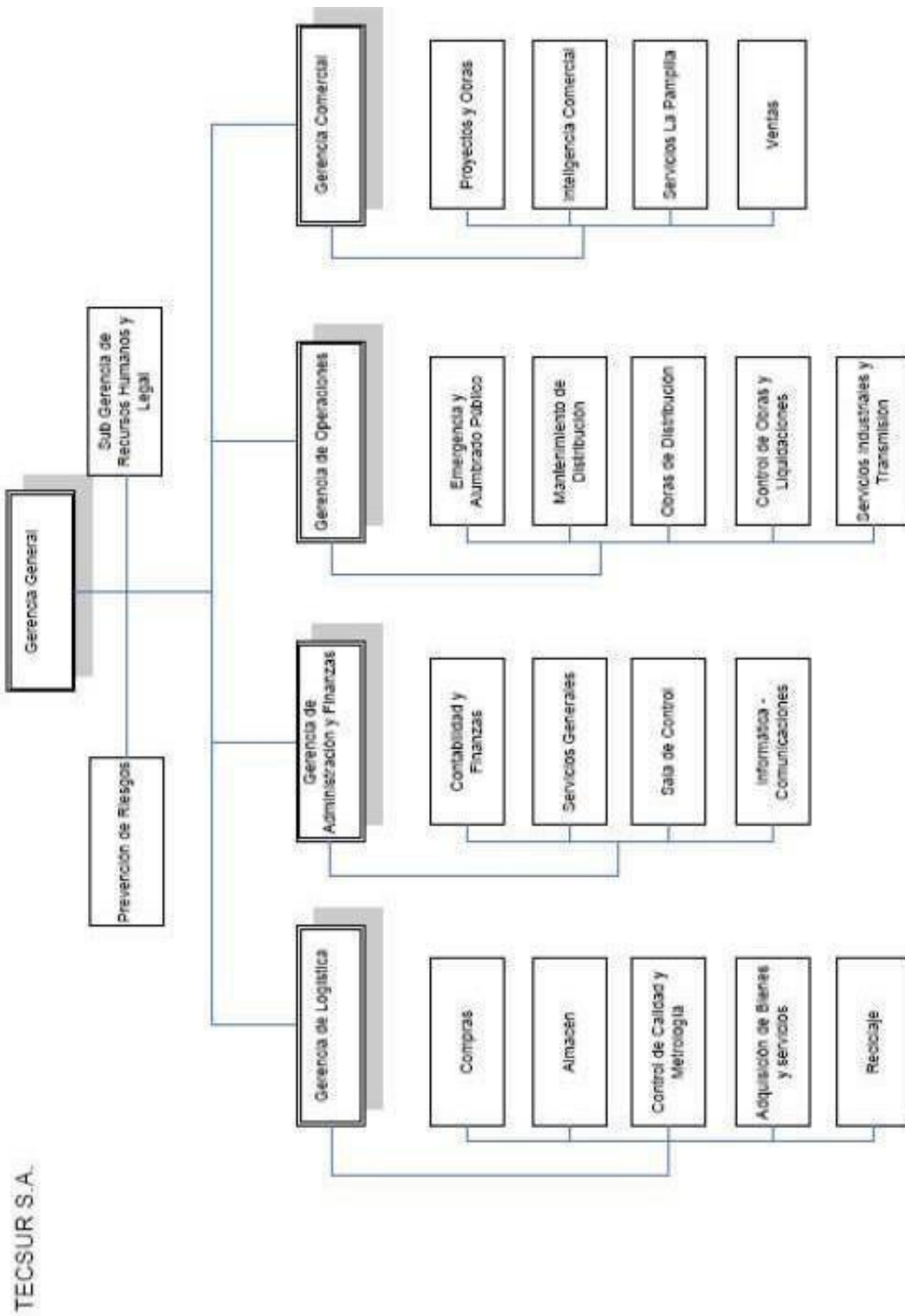
TECSUR S.A., cuenta con el soporte para trabajar bajo estándares internacionales, realiza servicios eléctricos de alta ingeniería y logística relacionados a todos los sectores de la economía nacional. Tiene amplia experiencia en trabajos de baja, media y alta tensión, siendo así, la mejor alternativa para diversos sectores como: energía, minería, construcción, industria, pesquería, petroquímica, entre otros.

La empresa está dedicada a la ejecución, mantenimiento y supervisión de actividades eléctricas de transmisión y distribución, mantenimiento de redes, emergencias, control y mediciones, servicios

logísticos, proyectos y servicios, venta de materiales, recuperación de materiales, servicios de mantenimiento, extracción y remediación, así como, capacitación en temas técnicos; ha asumido el compromiso de satisfacer los requerimientos de sus clientes, contribuir con el cuidado y conservación del medio ambiente, la salud ocupacional y seguridad de sus colaboradores y las partes interesadas dentro del alcance de sus diversas actividades.

Además TECSUR S.A. cumple con sus compromisos integrando la gestión ambiental, de seguridad y salud ocupacional al sistema de gestión de su organización que son promovidos desde la Dirección de la empresa y conciernen a todos y cada uno de los trabajadores.

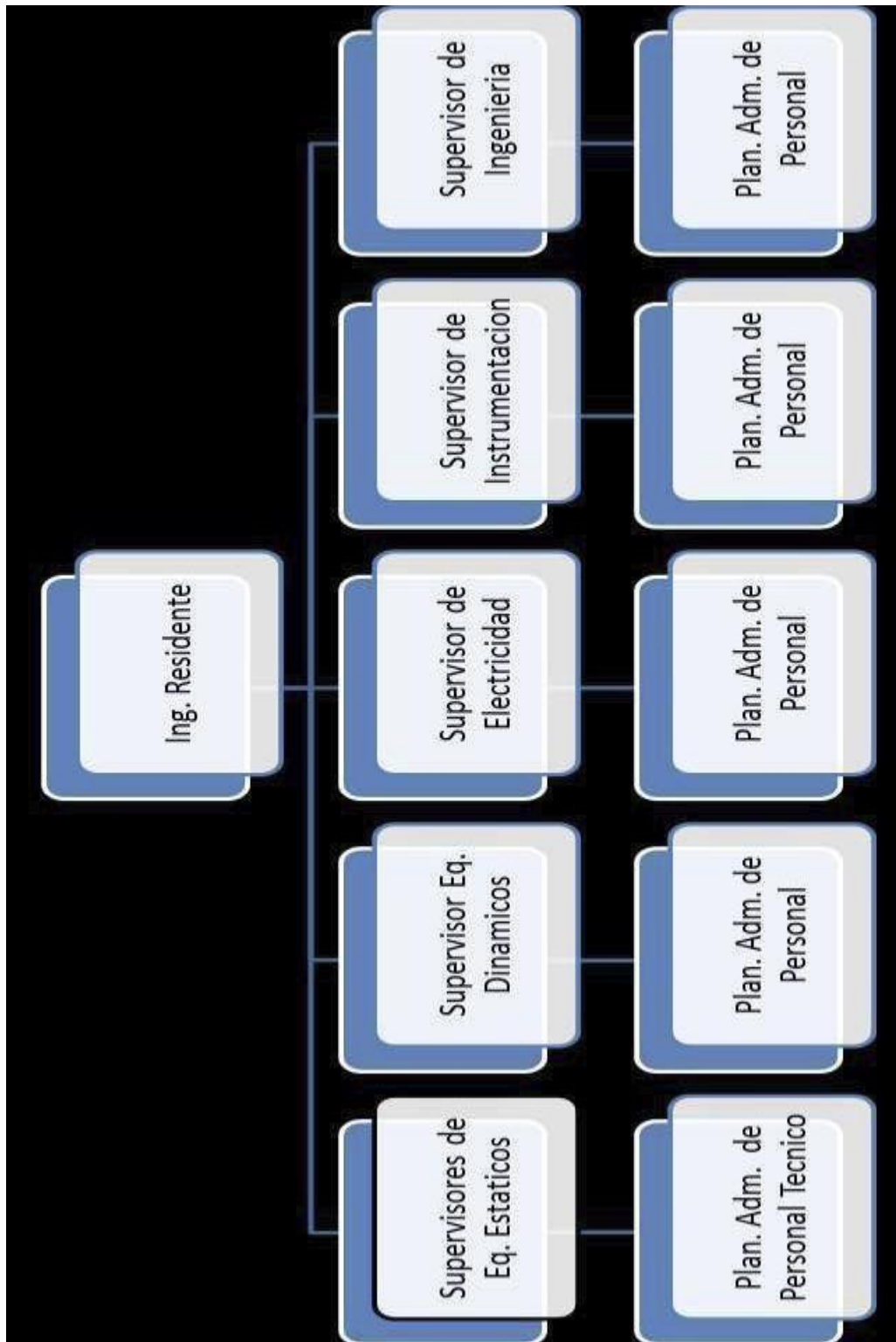
## 2.2 Estructura Orgánica



Cuadro N° 01 - Organigrama de la empresa TECSUR S.A.

Fuente: Propia.

- Supervisor de Mantenimiento de Equipos Estáticos
- Liderar el desarrollo de ingenierías conceptual, básica y de detalle a cargo, para asegurar junto con las demás especialidades, la entrega oportuna de las mismas.
- Participar en Comités Técnicos de la Refinería, para responder a las necesidades del Proyecto.
- Consolidar información del desarrollo de las ingenierías a cargo y reportar informes periódicos con el fin de hacer seguimiento al proyecto.
- Asegurar la operabilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los sistemas por el proyecto y en los sistemas existentes como para de la gestión del activo.
- Apoyo técnico durante el proceso de compra de equipos para el proyecto, en el área de la especialidad.
- Revisar y aprobar planos y documentación de equipos y materiales nuevos emitidos por los fabricantes en la especialidad.
- Revisar y aprobar las especificaciones técnicas y requisiciones de materiales para las compras y contrataciones requeridas en el desarrollo del proyecto.
- Revisión de las especificaciones técnicas del proyecto en la especialidad, teniendo en cuenta la normativa interna, las normas y estándares nacionales e internacionales, dar soporte técnico en el diseño, inspección, ensayos, pruebas, recibo de equipos y materiales comprados para el proyecto.



Cuadro N° 02 - Organigrama de la empresa TECSUR S.A.en refinera La Pampilla.  
Fuente: Propia.



### III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

#### 3.1 Actividades desarrolladas por la empresa Tecsur S.A.

El 1° de enero de 1994, como resultado de la división de ELECTROLIMA, se constituye la compañía bajo el nombre de empresa de distribución eléctrica de Lima Sur S.A. (EDELSUR S.A.) En 1994, se decide cambiar el nombre de EDELSUR S.A. a Luz del Sur S.A. manteniendo el giro de negocio de la empresa. Como resultado de la escisión de Luz del Sur S. A., cambia de razón social Luz del Sur Servicios S.A.

Luego en el 2002, se cambió la denominación social de Tecsur S.A.A. a Tecsur S.A., siendo efectivo dicho cambio el 28 de mayo del 2003. Tecsur S.A., es una empresa que se desempeña en la ejecución, mantenimiento y supervisión de actividades eléctricas de transmisión y distribución, mantenimiento de redes, emergencias, control y mediciones, servicios logísticos, proyectos y servicios, venta de materiales, recuperación de materiales, servicios de mantenimiento, extracción y remediación y capacitación en temas técnicos; ha asumido el compromiso de satisfacer los requerimientos de sus clientes, contribuir con el cuidado y conservación del medio ambiente, la salud ocupacional y seguridad de sus colaboradores.

Garantizando el cumplimiento de sus compromisos integrando la gestión ambiental, de seguridad y salud ocupacional al Sistema de Gestión de la Organización.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS REALIZADOS	LUGAR	FECHA
01	Elaboración del proyecto y ejecución del sistema de alumbrado público para la primera etapa del centro industrial de Bryson Hills.	Huachipa - Lima	2015
02	Construcción de la línea de transmisión de 50 KV Shelby Santander y subestaciones en Pasco, Junín y Lima - Trevali Perú SAC, CIA. HIDROELÉCTRICA TINGO	Pasco - Junín	2015
03	Obras civiles para la instalación de un nuevo transformador de potencia de 60 KV y nueva sala de celdas de KV.	Villa María - Lima	2015
04	Obras electromecánicas para nuevo transformador de potencia TR-III y nuevas celdas de 10 KV en la SET Villa María - Luz del sur.	Villa María - Lima	2015
05	Desarrollo y ejecución de obras de distribución para el grupo Distriluz en Tauca.	Ancash	2014
06	Desarrollo y ejecución de obras de líneas de transmisión para el grupo Distriluz en El Machu S.E Chala Nueva y Huayucachi.	Huancayo - Junín	2014
07	Ejecución de un sistema de utilización en 22,9kV para una carga máxima de 8284kW, para Anita Foods.	Santa Anita - Lima	2014
08	Ejecución del proyecto de suministro e instalación del sistema de utilización en 22,9kv y subestación eléctrica de transformación de 1000 kw para los equipos de alta tecnología del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen.	La Victoria - Lima	2014
09	Ejecución de la obra "Suministro, transporte, montaje, pruebas y puesta en servicio de la obra remodelación de redes de distribución primaria, secundaria y conexiones de la zona monumental cajamarca IIIE" para la empresa Hidrandina.	Cajamarca	2014
10	Ampliación de redes en Piura y Tumbes 2013 - I Etapa para la empresa Electronoroeste.	Piura, Tumbes.	2014

Cuadro N° 03 - Listado de principales obras ejecutadas en el 2014-2015

Fuente: Propia

## IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

### 4.1 Descripción del Tema

En la Unidad de destilación p r i m a r i a II (UDP II) de refinería La Pampilla se presentó un conato de incendio provocando su salida de servicio, la acción inmediata de los ingenieros de la empresa fue tomar las medidas de seguridad que en este caso fue la respectiva parada de planta luego se realizó la inspección del área analizando donde se originó el incidente, se pudo determinar que se inició dicho problema en el horno 02H1 el cual presentaba fallas.

El horno mencionado está instalado en la UDP II, el cual es de tipo cabina en donde se piroliza el crudo para obtener petróleo y sus derivados, el horno consta de quemadores auto aspirantes, los cuales están ubicados en la zona radiante, al igual que los tubos, constatambién de una zona de convección, en la cual se aprovechan los gases de combustión generados en la zona radiante que salen hacia la chimenea. En orden ascendente de los gases de combustión van cediendo su calor al crudo más el vapor que se va a pirolizar en el horno. El agua de calderas que va hacia el sistema de generación de vapor y el crudo carga, que se va a precalentar para mezclarse y así posteriormente ir a la zona radiante. Se obtiene un gas de pirolisis multicomponente, que tienen petróleo que no reacciona, hidrogeno, metano, propano y butano.

La unidad de mantenimiento contactó a la empresa TECSUR S.A. solicitándole la presentación de una cotización por el suministro y reemplazo de los elementos necesarios en las zonas dañadas del horno.

TECSUR S.A. proporcionó la cotización parcial del proyecto donde dicha Unidad de Mntto., dió la conformidad respectiva con la finalidad de poder agilizar los trámites de importación de algunos componentes e instrumentos solo entonces la empresa presentó una propuesta Técnica económica para poder otorgarle una carta con la conformidad de la cotización, por el servicio de reparación de la zona radiante y parte de la conectiva, luego se desarrollarían las actividades de mantenimiento correctivo del horno. En paralelo se reunieron el equipo de TECSUR - ESTÁTICOS para planificar la ejecución del proyecto y dejar totalmente operativo el horno 02H1 en la brevedad posible.



Fig. N° 01: Equipo de TECSUR-ESTÁTICOS en refinería La Pampilla de Repsol Perú

Fuente: Propia

Una vez que el crudo llega a la refinería se calienta en un gran horno a temperaturas superiores a los 370 °C, para después transportarlo a la torre de destilación, el corazón de la refinería. En la torre se fragmenta el crudo en diferentes componentes:

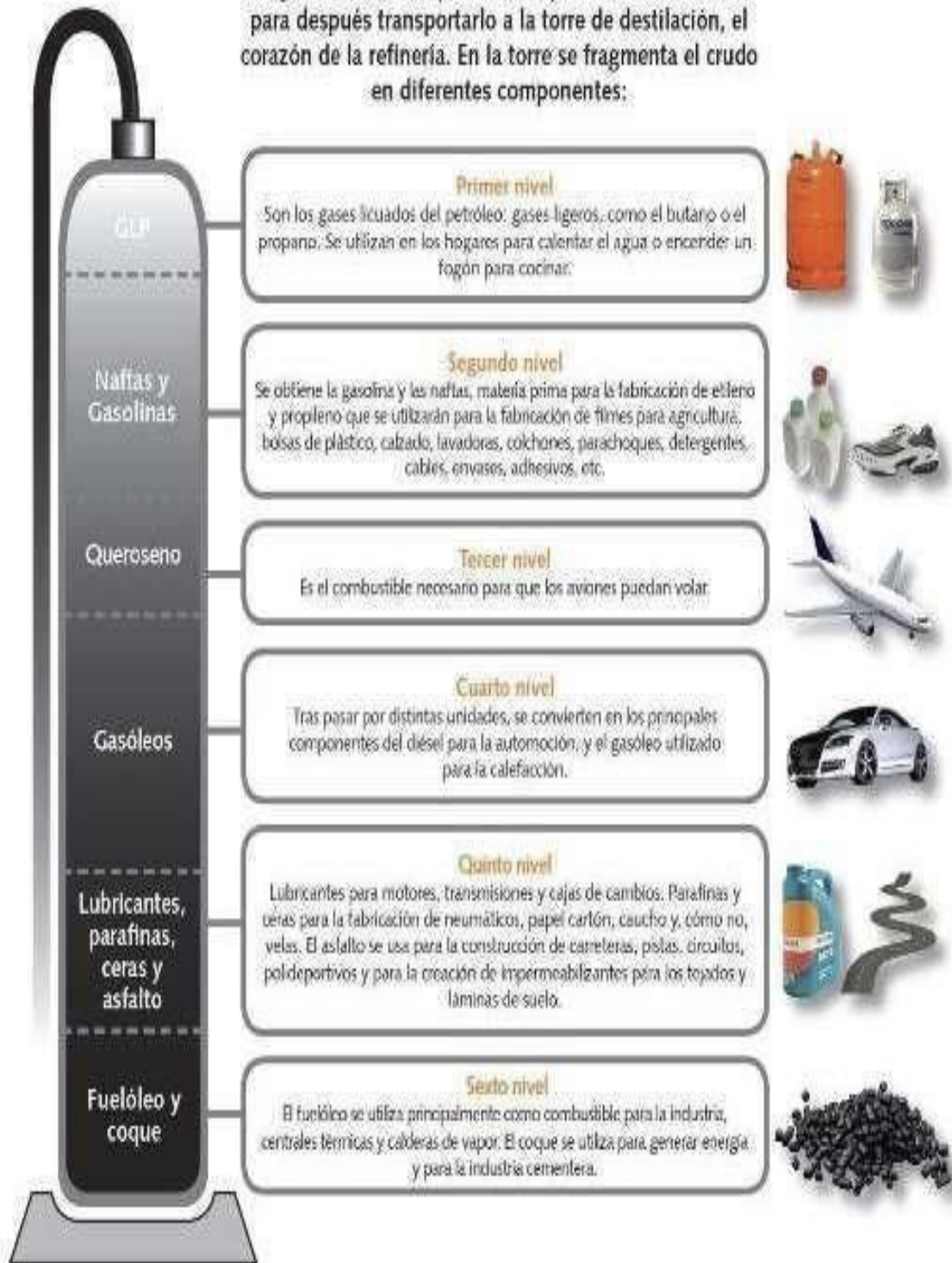


Fig. N° 02: Proceso en la torre de destilación de petróleo

Fuente: Repsol S.A.

## 4.2 Antecedentes

Como en años anteriores REPSOL S.A. ha continuado con la ejecución de planes de mantenimiento e inspección que permitan conseguir una mejora en la disponibilidad mecánica de las instalaciones a través de un eficiente gasto en mantenimiento. Como resultado de estas acciones se puede mencionar que Refinería La Pampilla está considerada entre las mejores refinerías del mundo según el estudio realizado por la compañía Solomon Associates en el 2008, publicado en el 2009, ocupando el primer lugar en Eficiencia en Mantenimiento, segundo en Gasto de Mantenimiento, y el quinceavo lugar en Disponibilidad Mecánica, dentro de la clasificación de dicha empresa. Cabe destacar que este estudio, en el que viene participando desde hace varios años, incorpora 314 refinerías equivalentes al 80% de la capacidad instalada total en el mundo.

De los principales trabajos considerados en el plan de mantenimiento de equipos mayores y que no implicaron parada de planta, se puede mencionar la intervención de tanques de almacenamiento de productos y el mantenimiento de los terminales marítimos multiboyas cumpliendo los requerimientos legales de instalaciones off shore. En lo que respecta al área de inspección, se concluyó la elaboración de los planes de Inspección Basada en Riesgo (RBI) de las unidades de proceso, de acuerdo a los estándares de los API 580 y 581, el cual permitirá una mejora en la fiabilidad de las instalaciones y una optimización en las técnicas de inspección de los equipos críticos.

Se realizó una investigación para buscar trabajos específicos referidos al tema del informe ,se encontraron algunos; los demás están

relacionados al área de mantenimiento e inspección, como se muestra en la continuación:

Vega Ángeles, Julio Enrique. "Optimización de los Procesos de Combustión del Horno Petrolero 311 - H1, para Mejorar su Eficiencia en la Refinería Iquitos- Petroperú". Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú.2014.

La presente tesis trata sobre los procesos de combustión del horno en la refinería, para mejorar su rendimiento y obtener una producción más eficiente de la planta, con el fin de realizarlo en el menor tiempo, con costos bajos, trabajos de calidad.

Pichilingue, Víctor Niell. "Aplicación del Balance Scorecard al Mantenimiento de la Refinería de Iquitos Petroperú". Perú. Universidad Nacional del Callao.2012.

La tesis consta de ocho partes, en las cuales se plantea los objetivos del presente trabajo, se detalla las bases técnicas de los cuadros de mando integral, estructura, metodología, implantación e implementación del BSC y finalmente se describen términos básicos.

Pérez Hernández, Víctor. "Identificación de los Escenarios de Riesgo en la Refinación de Petróleo". México. Universidad Nacional Autónoma de México.2012.

Se propone la identificación de los escenarios de riesgo y las consecuencias que puedan presentarse en una refinería. Se basa en el modelo conceptual de una refinería elaborada por el IMP (Instituto

Mexicano del Petróleo). Se empleará la metodología what if para hacer un análisis de cada proceso y evaluar el riesgo.

Mena Bravo, Jorfrank José. “Elaboración de Estrategias de Inspección y Mantenimiento para Equipos Estáticos Basadas en Riesgo”. Venezuela. Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. 2010.

La tesis presenta algunas estrategias de inspección de los equipos estáticos que operan en la planta de generación de vapor, que sugieran acciones de mantenimiento oportunas y efectivas según el nivel de riesgo que presenten los equipos para detectar el deterioro.

Chersia Azcárate, Alejandra Desireé. “Elaboración de Planes de Mantenimiento Basados en Riesgo de Equipos Estáticos en los Sistemas de Precalentamiento, Calentamiento y Fraccionamiento de Crudo”. Venezuela. Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. 2009.

La tesis consiste en elaborar los planes de mantenimiento de los equipos estáticos que operan en los sistemas de precalentamiento, calentamiento y fraccionamiento de crudo de la unidad de destilación DA-1; a objeto de realizar un seguimiento efectivo del deterioro de éstos y adaptar las acciones de mantenimiento al nivel de riesgo.

#### 4.3 Planteamiento del Problema

Se requiere poner operativo el horno 02H1 de la Refinería la Pampilla a la brevedad posible, a fin de restituir el proceso de producción normal de operaciones.



Luego se definió las zonas de trabajo especificados donde se realizaron las actividades para renovar el horno que son: Zona radiante:

- Inspección.
- Fabricaciones metalmecánicas.
- Montaje, desmontaje de serpentines y de sus soportes.
- Reemplazo de equipos y accesorios.
- Zona convectiva:
- Inspección.

Debido a la cantidad de fallas presentadas y a la parada de planta producida en la elaboración de petróleo que ocasionan bajo volumen de producción, descargas de producto a la atmósfera y al continuo taponamiento por coquización en la tubería interna, la alta transferencia de calor con el medio ambiente ocasionado por el deterioro del refractario que actúa como aislante térmico, es necesario realizar la evaluación de dicho horno, con el objeto de recuperar su eficiencia identificando las fallas más recurrentes, para plantear las estrategias a seguir por parte del área de mantenimiento.

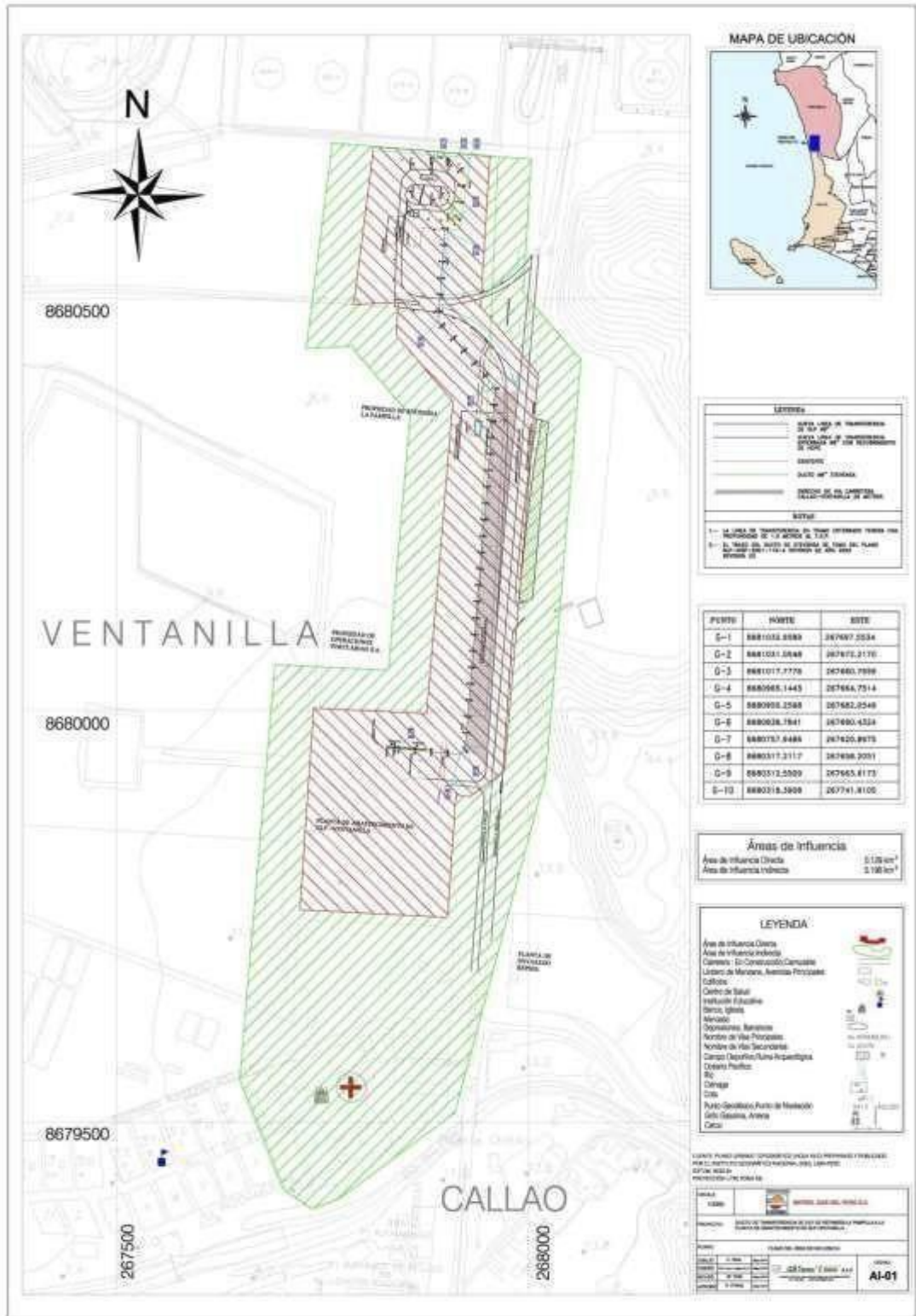


Fig. N° 03: Plano de ubicación de refinería La Pampilla de Repsol S.A.  
 Fuente: E.I.A Proyecto ducto de transferencia de GLP de Refinería La Pampilla

## 4.4 Justificación

### 4.4.1 Justificación tecnológica

Al aplicar el análisis de causa raíz y a su vez la identificación de fallas con las nuevas tecnologías hizo posible la ejecución del programa de mantenimiento de REPSOL S.A. que garantizaba tener disponible el horno para la producción de combustibles en la Refinería La Pampilla.

### 4.4.2 Justificación económica

Al renovar el horno 02H1 se reducen los costos de producción debido a la mejora del proceso de combustión, mediante la variación de las condiciones de operación, también se mejora el calentamiento del crudo para que pueda ser posteriormente destilado.

Por otro lado el costo de mantenimiento que comprende los repuestos, los servicios en el horno 02H1 y equipos complementarios a este, también incrementaba el costo de producción pero es un costo bastante menor a comparación de las ganancias obtenidas por la renovación integral del horno.

### 4.4.3 Justificación Social

Mitigar los riesgos de operatividad contribuyendo con el cuidado del medio ambiente, seguridad y protección de la salud del capital humano y calidad de productos.

## 4.5 Marco Teórico

A continuación se describen en general los conceptos del horno, su clasificación y el respectivo proceso productivo del petróleo.

### 4.5.1 Horno de proceso

Un horno de procesos, incluye una serie de componentes en el cual se libera calor por la combustión de un combustible en un ambiente aislado internamente, el calor es transferido a un fluido que pasa a través de un serpentín de tubos.

La industria identifica estos hornos con los nombres comunes tales como: Calentadores de proceso, horno, hornos de proceso y calentadores de Fuego Directo, todos los cuales son intercambiables.

La función fundamental de un horno de procesos es de proveer una cantidad específica de calor al fluido que está siendo calentado con altos niveles de temperatura sin ocasionar sobrecalentamientos localizados del fluido o de los componentes estructurales.

### 4.5.2 Tipos de horno de proceso

Existe una diversidad de maneras para la aceptación de tipos de hornos debido a la multiplicidad de fines al que se los destina, por lo que su definición se fija en función al proceso en el que se realiza.

Los hornos se podrían tipificar de la siguiente manera:

Por su uso:

- Sólo calentar ( por ejemplo, un horno de aceite térmico)
- Calentar y evaporar ( por ejemplo, un hervidor, horno de crudo)
- Cracking ( por ejemplo, un horno de etileno)
- Reformado catalítico ( por ejemplo, un horno de hidrógeno)
- Incineración

Por su forma:

- Hornos cilíndricos verticales
- Hornos de cabina.

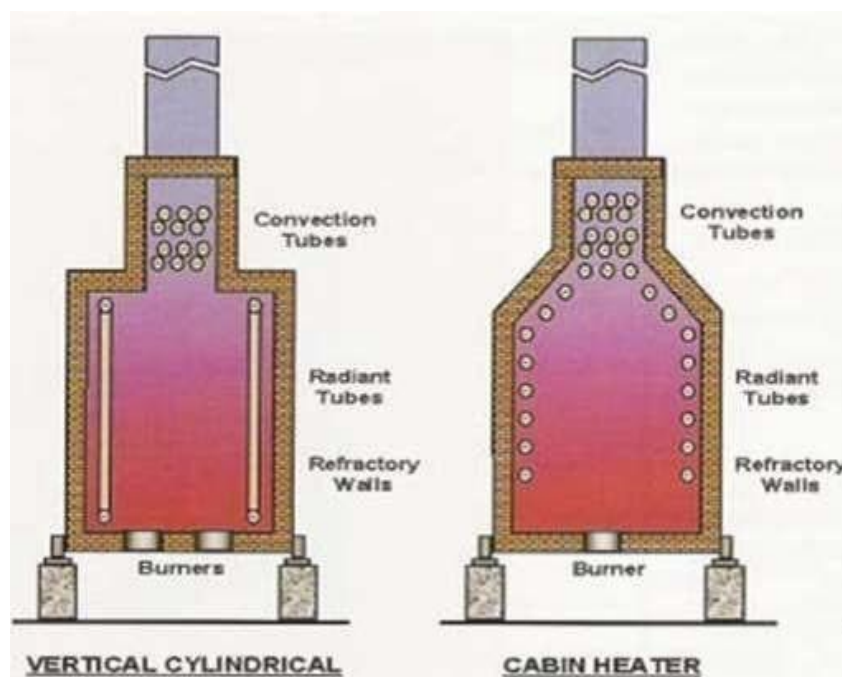


Fig. N° 04: Hornos cilíndricos verticales y de cabina

Fuente: The JohnZink Combustion



Fig. N° 05: Hornos cilíndricos verticales con zona radiante,convectiva y sólo zona radiante

Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.



Fig. N° 06: Horno de cabina

Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.

### 4.5.3 Variaciones en el diseño y distribución

Existen muchas variaciones en la distribución, diseño y detalle al momento de la construcción del horno.

En consecuencia de esta flexibilidad, cada horno de procesos es diseñado para cada aplicación particular.

El tipo más simple, es el diseño de un horno con sólo una caja de radiación (transferencia de calor por radiación), que normalmente representa el de menor eficiencia y menor costo de inversión.

En adición a la zona radiante, actualmente los hornos incluyen una zona Convectiva, el calor residual de los gases de combustión que salen de la zona radiante se recupera en la zona convectiva (transferencia de calor por convección); este arreglo permite incrementar la eficiencia térmica del horno de proceso.

Serpentines de tubos: horizontal vs vertical

La clasificación más importante de hornos de proceso, se relaciona a la orientación del serpentín de tubos en la zona de radiación:

a. Horno de proceso cilíndrico vertical:

El serpentín de tubos en la zona radiante está distribuido verticalmente a lo largo de las paredes de la cámara de combustión, la llama también es vertical desde el piso del horno; en la zona convectiva, el serpentín tiene un arreglo con un banco de tubos horizontales posicionado sobre la cámara de combustión. A partir de este diseño, existen arreglos que consideran, por ejemplo: Hornos verticales con dos zonas de radiación y una zona convectiva, etc.



Fig. N° 07: Horno cilíndrico vertical

Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.

b. Horno de proceso cabina horizontal:

El serpentín de tubos de la zona radiante están distribuidos horizontalmente, la zona convectiva tiene una posición como un banco de tubos horizontal sobre la cámara de combustión. Normalmente los quemadores pueden estar ubicados verticalmente desde el piso del horno o de manera horizontal montados en la pared localizado debajo del serpentín de tubos.

Como se observa los hornos se pueden clasificar de acuerdo a diferentes parámetros como: configuración estructural, configuración o arreglo del serpentín de tubos de la sección de radiación, forma o arreglo de los quemadores, o también por su servicio.

De acuerdo a la configuración estructural se distinguen: hornos cilíndricos, y de cabina, con la posibilidad de múltiples celdas.



De acuerdo a la configuración del serpentín de tubos en la sección de radiación se encuentran: vertical, horizontal, helicoidal y en arco.

De acuerdo al arreglo o ubicación de los quemadores: quemador de techo (Upfired), quemador de piso (Downfired), y quemador lateral o de pared (Wallfired). Por otra parte también se pueden encontrar de múltiple quemadores.

Algunos de los tipos de hornos con diferentes configuraciones se muestran a continuación:

En la figura N° 9 se observa, los diferentes arreglos de los hornos en cuanto a la geometría y orientación de los tubos pueden ser combinados de acuerdo a lo requerido en el proceso. El esquema del horno cilíndrico con serpentín helicoidal es el único que no presenta zona convectiva.

También se observan hornos con dos celdas de combustión

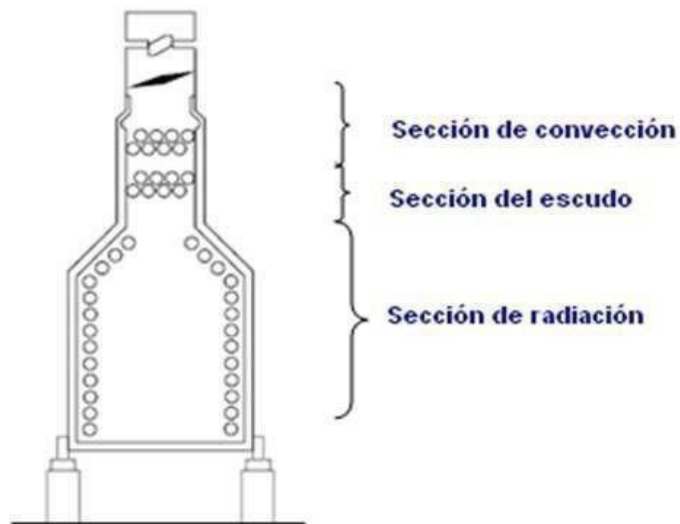


Fig. N° 08 Secciones de transferencia de calor de un horno de refinación  
Fuente: Guía para especificación de hornos de refinación y simulación por HTRI-Xfh

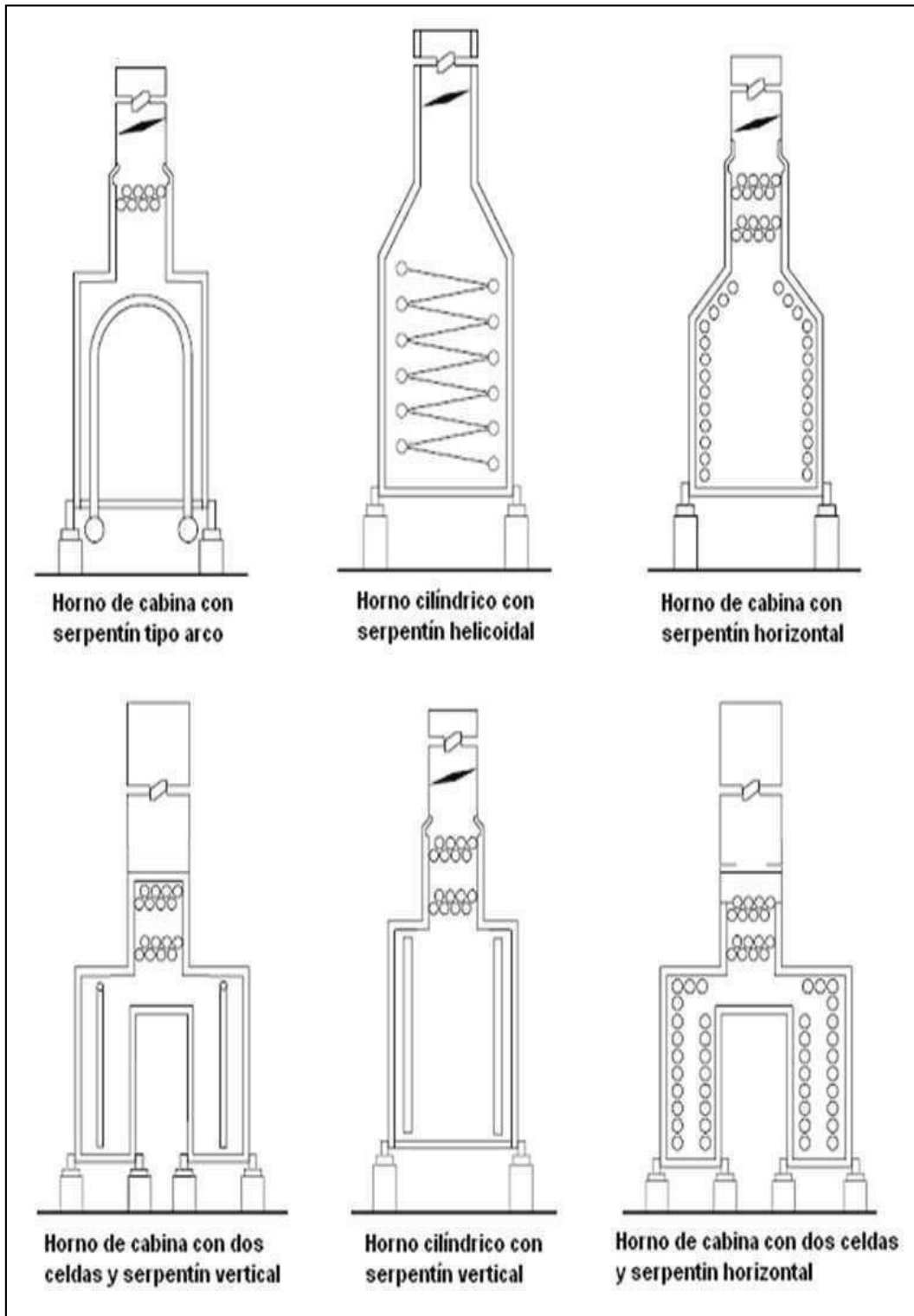


Fig. N° 09 Diferentes configuraciones de hornos

Fuente: Diseño de guía para especificación de hornos de refinería y simulación por HTRI-Xfh

## Componentes del horno

### a. Zona radiante:

En un horno cilíndrico vertical, la ganancia de calor llega hasta un 80% del total de calor recuperado.

Los tubos siempre se encuentran refrigerados por el líquido a calentar en el horno, y la metalurgia generalmente utilizada es de aceros de baja aleación; los tubos de 5 Cr- ½ Mo, actualmente se ha mejorado a 9 Cr - 1 Mo, ya que permiten una mejor resistencia a la corrosión a altas temperaturas como se observa en las siguientes figuras:

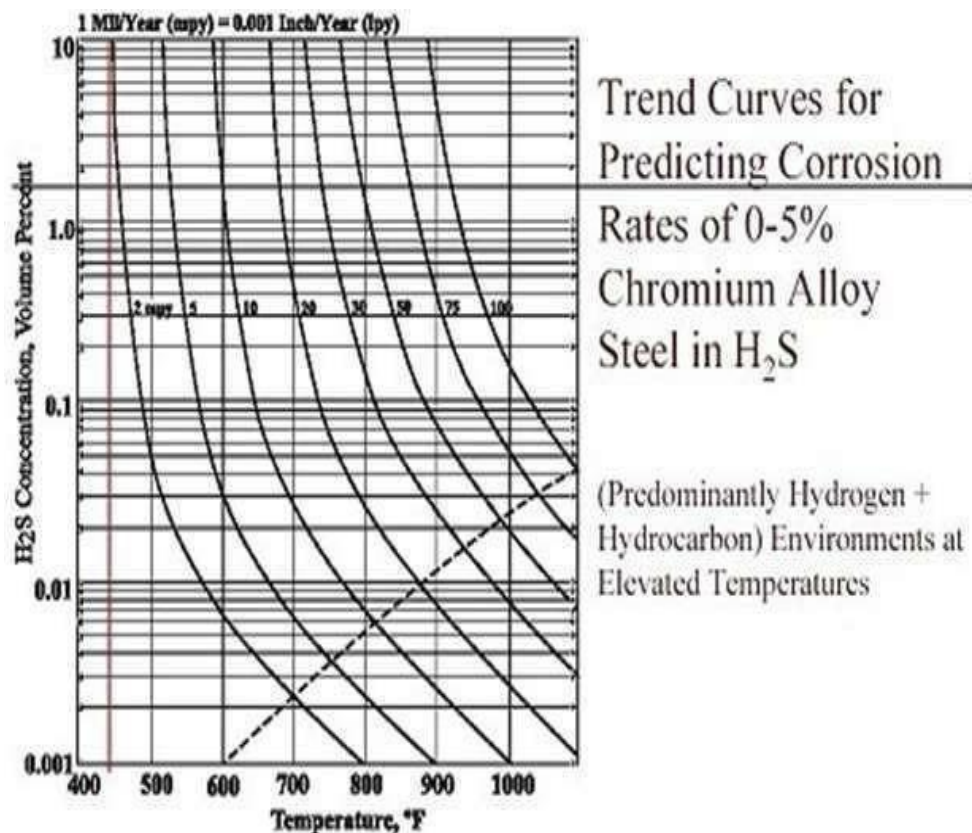


Fig. N° 10: Curva de Predicción de Corrosión Tubos de 5Cr.½ Mo

Fuente: Working Guide to Process Equipment.

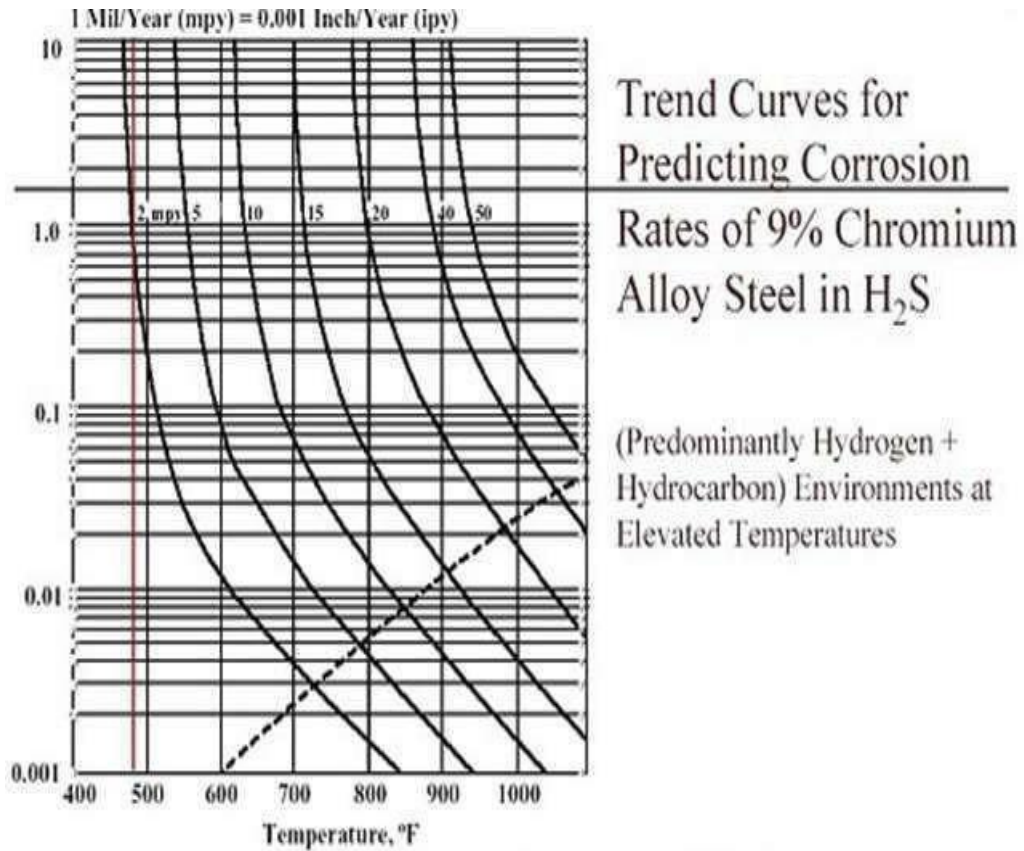
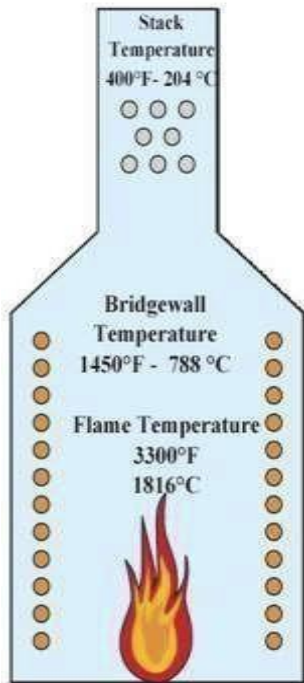


Fig. N° 11: Curva de predicción de corrosión tubos de 9Cr ½ Mo  
Fuente: Working Guide to Process Equipment.

Para los soportes de los tubos que no tienen refrigeración y siempre están a la temperatura de la zona radiante se usa acero inoxidable 25Cr-20Ni que generalmente se les protege con una cubierta de refractario y aleaciones de Cr-Ni como la INCO 657 que es 50 Cr-50Ni estabilizado. Las temperaturas típicas que se registran en un horno cilíndrico vertical son:



- Temperatura de la llama
- Depende de la composición del combustible
- Salida radiante o temperatura Bridgwall
- Depende de la temperatura del tubo y del flujo de calor
- Temperatura de salida del horno

Fig. N° 12: Temperaturas típicas de un horno de procesos  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.

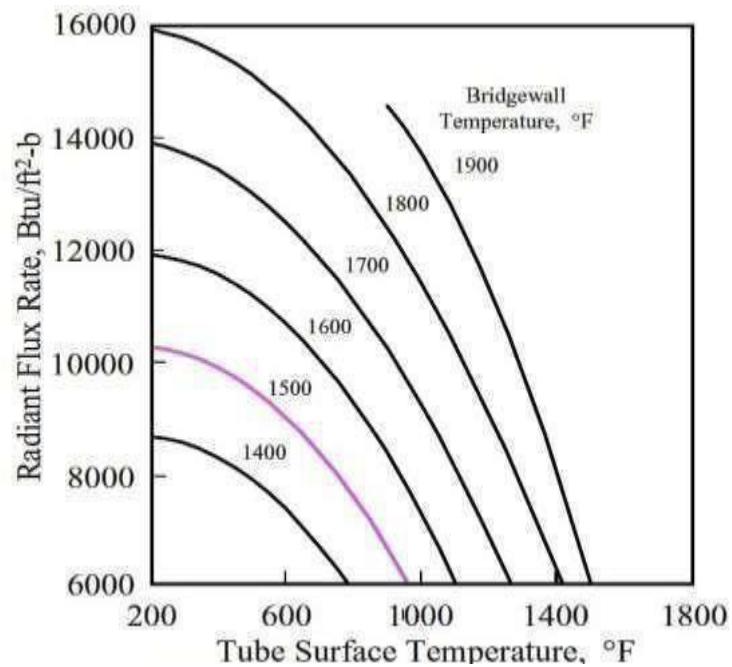


Fig. N° 13: Flujo de calor vs temperatura de tubos verticales  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.

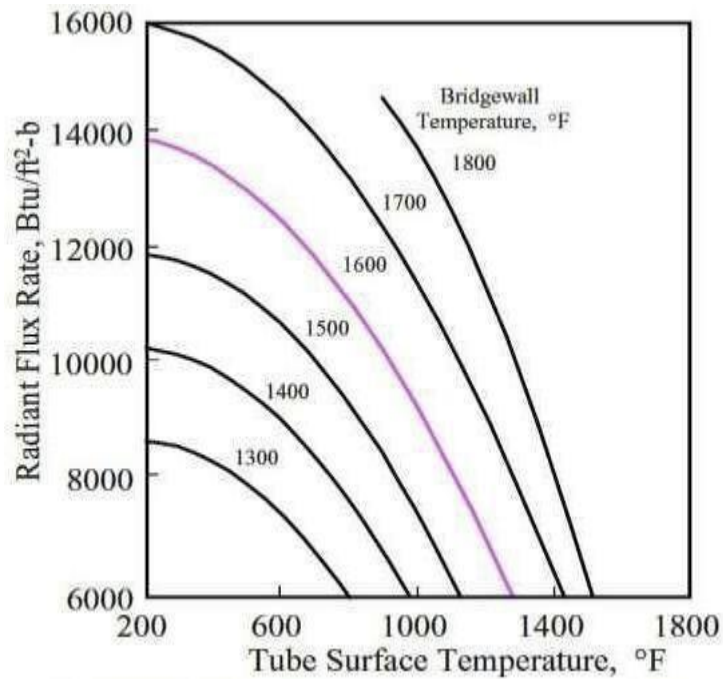


Fig. N° 14: Flujo de calor vs temperatura de tubos horizontales  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.

Según las figuras 13 y 14 las temperaturas que se registran en diversos puntos del horno dependerán del flux radiante con el que se opera el horno.

b. Zona convectiva:

Es la zona del horno de procesos en la cual la transferencia de calor a los tubos es primariamente por convección.

Los tubos siempre se encuentran refrigerados por el líquido a calentar en el horno (crudo, crudo reducido, etc.) se usan aceros de baja aleación resistentes a alta temperatura, se usan tubos aletados de 5Cr.½Mo. Para la porta tubos y soportes que están a la temperatura de la zona convectiva se usa acero fundido o fundiciones.

Tubos aletados.- para ganar la mayor cantidad de calor los tubos de la zona convectiva inicialmente fueron tubos aletados - Fin tubes (ver figura 11). Presentan buena transferencia de calor, pero alta caída de presión y sobre todo la característica de alto ensuciamiento por el particulado de los humos de combustión u hollín de combustibles líquidos pesados aun cuando se utilicen sopladores de hollín.



Fig. N° 15: Tubos aletados - Fin tubes

Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.

Tubos aletados segmentados: Posteriormente se diseñaron los tubos aletados segmentados (ver figuras 16 y 18) que permiten un mejor limpiado por los sopladores de hollín, la eficiencia térmica después de la limpieza con vapor es mejor que los tubos aletados pero la caída de presión es aún alta (ver figura 15).



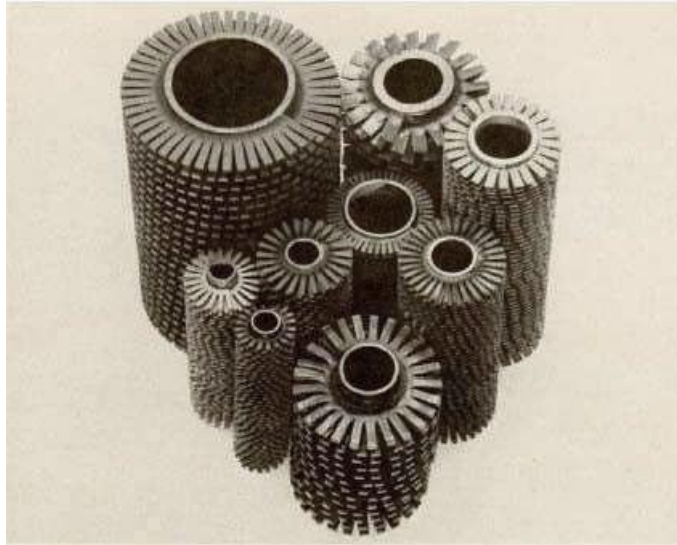


Fig. N° 16: Tubos aletados segmentados -Segmented Fin tubes  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.



Fig. N° 17: Nivel de ensuciamiento tubos aletados segmentados  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.





Fig. N° 18: Tubos aletados segmentados después de limpieza  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.

Tubos entetonados.- Los tubos entetonados- stud tubes (ver fig. 19 y 20), que permite una mejor limpieza con los sopladores de hollín con vapor, con un mayor incremento en su eficiencia térmica y disminución de la caída de presión especialmente con el uso de combustible líquido:

Fig. N° 19: Tubos entetonados -Stud tubes



Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.



Fig. N° 20: Tubos entetonados -Stud tubes en uso  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.

c. Chimenea:

Es un conducto vertical usado para descargar los gases de combustión a la atmósfera, la altura de la chimenea depende normalmente de requisitos de contaminación atmosférica por dilución de humos. También hay que tener en cuenta el tiro o “draft” de la chimenea cuando este es natural. Llamamos tiro a la diferencia de presión entre presión atmosférica y la presión en chimenea a la misma altura. (Indicado en pulgadas de agua) interesa que la presión en el interior del horno y chimenea sea siempre inferior al exterior, ya que la dirección de los fluidos va siempre de mayor a menor presión, en el borde de la chimenea esta presión ha de ser mayor a la del ambiente para favorecer la salida de gases.

d. Quemadores:

Son los que provocan la mezcla íntima del aire y del combustible para obtener la combustión completa del mismo como se muestra.

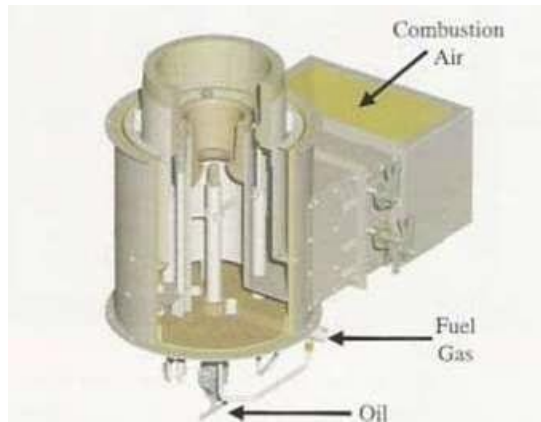


Fig. N° 21: Ingreso de aire y combustible en un quemador  
Fuente: The John Zink Combustion Handbook.

Todos los quemadores poseen entradas de aire primario y aire secundario; el aire primario tiene como objetivo el suministro de aire en exceso para la combustión del combustible, el aire secundario permite modular la forma de llama en la cabina de la zona radiante:

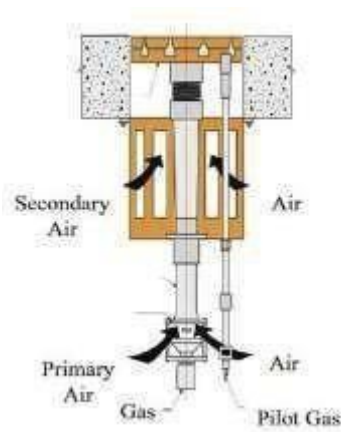


Fig. N° 22: Ingreso de aire primario y secundario  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.

El combustible desemboca en la corriente de aire en el centro de un anillo refractario y por el calor que irradia, asegura la estabilidad de la llama.

Un quemador se concibe para quemar gas o petróleo industrial de diverso grado de viscosidad.

En el caso de la combustión del aceite (diesel, petróleos industriales), hace falta que se encuentre finamente pulverizado en la corriente de aire de combustión. Esta pulverización se obtiene, con la ayuda de vapor de agua, o bien mecánicamente.

En los quemadores con pulverización con vapor, el aceite combustible y vapor se mezclan en una cámara y salen, juntamente, por el orificio del quemador con el aspecto de una niebla compuesta de partículas muy pequeñas. El consumo de vapor es de, aproximadamente de 30 a 35% del peso de combustible.

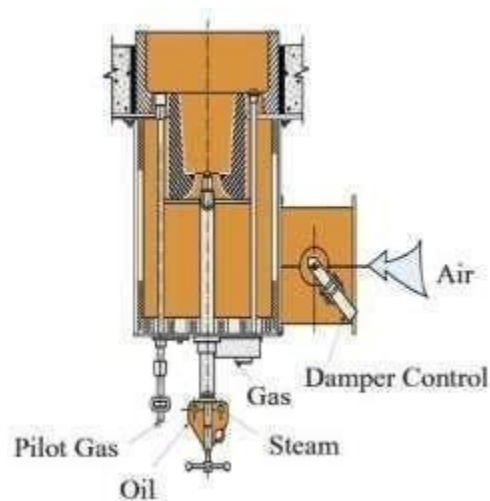


Fig. N° 23: Quemador dual quema gas y aceite combustible  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2007.

Para hornos de tiro natural o de tiro forzado, la diferencia principal en los quemadores se encuentra en el ingreso de la entrada de aire (primario y secundario) por un mismo ducto. La figura 19, muestra un quemador de tiro forzado, donde el ingreso de aire, se realiza por un ducto controlado automáticamente por un dámper y la figura 20 muestra un quemador de tiro natural donde se observa que no existe ningún control automático sobre el ingreso de aire.



Fig. N° 24: Quemador de gas combustible de tiro natural  
Fuente: The John Zink Combustion Handbook.

e. Serpentín de tubos:

Los serpentines de tubos del horno, están compuestos por tubos rectos y U-bends o H-bends, la posición del serpentín, con referencia al eje del tubo, es horizontal o vertical.

La posición horizontal tiene ventajas desde el punto de vista de proceso ya que se observa una mejor estabilidad de un flujo en doble fase.

La zona radiante, es el lugar con más alto nivel de temperatura y por lo tanto el sitio donde la resistencia mecánica del serpentín es mayor. En la zona convectiva existe un nivel de temperatura menor que en la zona de radiante, generalmente en esta zona los tubos se instalan en posición horizontal por ventajas en la arquitectura del horno.

f. Soportes de tubos:

Estos componentes se utilizan para soportar los tubos internos del horno. Para soportar un tubo vertical solo es necesario dos soportes independientemente de la longitud del tubo. La disposición de tubos verticales es más ventajosa que la de los tubos horizontales ya que para soportar un tubo horizontal se necesita más de dos soportes por tubo y no se puede evitar que los soportes intermedios estén expuestos a la influencia de los gases de combustión, cuando estos contengan óxidos de vanadio en porcentajes que puedan causar daños por corrosión originados por el  $V_2O_5$ .

g. Mirillas y puertas de entrada:

Las mirillas sirven para poder vigilar la llama y su posible incidencia en el serpentín de los tubos dentro de la cámara de radiación. Las puertas de entrada permiten el acceso al interior del horno para la inspección y mantenimiento de los componentes internos con el equipo fuera de servicio, estos accesorios no deben permanecer

abiertos ya que se promueve el ingreso de aire que afecta la eficiencia térmica del horno.

h. Dámper:

La función del dámper de chimenea es la de controlar el tiro del horno manteniendo una presión negativa de aproximadamente 0.05 in H<sub>2</sub>O en la zona bridgewall (debajo de la zona convectiva).

El dámper se ajusta para mantener esta presión negativa.

i. Refractario:

La estructura metálica del cilindro se recubre internamente con un material aislante. Además de cumplir la función de prevenir el sobrecalentamiento de la estructura de acero, el aislante sirve para conservar el calor de la cámara de combustión a altas temperaturas por la re-radiación del calor hacia el tubo y con ello minimiza, además, las pérdidas de calor. Este aislante sirve, también, como una barrera para prevenir la fuga de material particulado de los gases de combustión a través de la estructura metálica, esta fuga, en el caso de combustibles con compuestos azufrados puede producir corrosión ácida sobre la plancha de la estructura.

j. Deshollinadores:

En el caso que el horno utilice petróleo industrial como combustible, es necesario el uso de deshollinadores o "Soot Blowers", son lanzas de vapor que pueden rotar y que van inyectando vapor a través de orificios existentes a lo largo de la lanza. Permite la remoción de cenizas, óxidos de vanadio y otros depósitos que se depositan entre la superficie extendida de los tubos de la zona convectiva. Es preferible

usar tubos entetonados en vez de tubos aletados cuando se tiene un problema de ensuciamientofuerte. El deshollinador debe de ubicarse como mínimo en un espacio de 1 - 2 pies entre los tubos de la zona convectiva. La efectividad del deshollinador está limitado por el peso de la ceniza que se genera.

Existen combinaciones de cenizas químicas y temperaturas del gas de combustión (flue gas) que producen cenizas que no pueden ser removidas con el deshollinado; asimismo, combustibles altamente corrosivos pueden reducir la vida de la lanza.

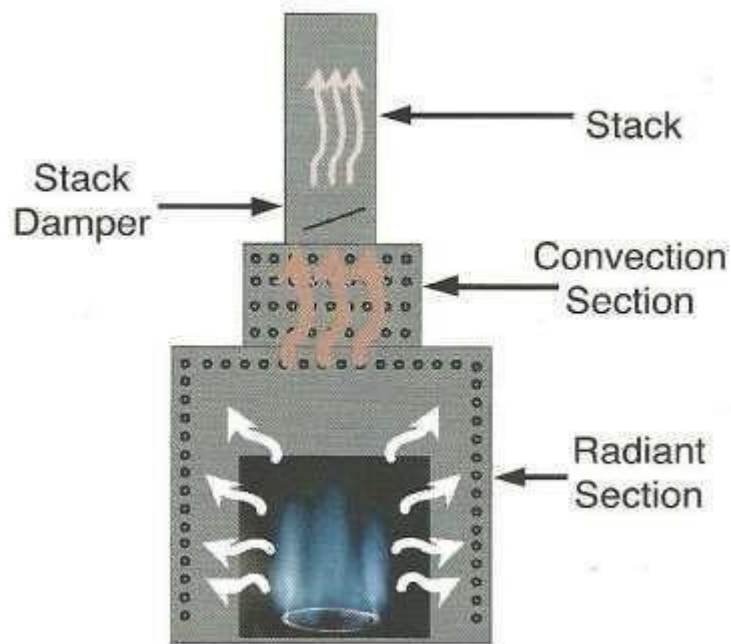


Fig. N° 25: Partes típicas de un horno de procesos

Fuente: The John Zink Combustion Handbook.



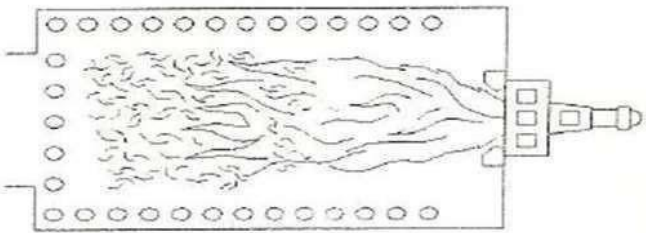
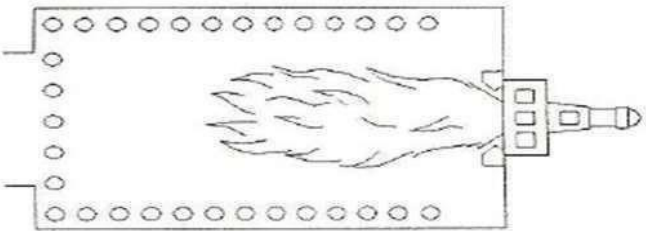
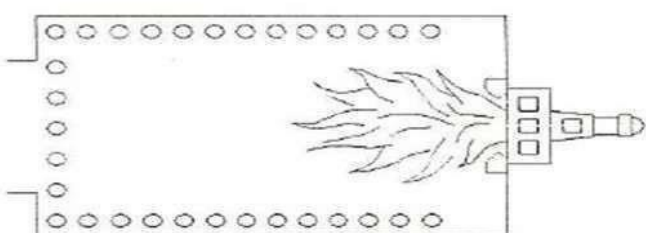
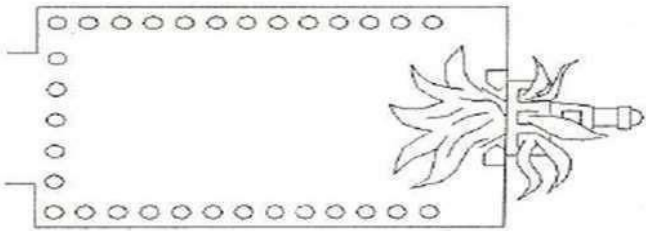
<p>5. Mala llama de aceite combustible.</p>		<p>Llama luminante. Muy poco aire de combustión. Boquillas de quemadores dañadas. Combustible frío. Cabezal de quemador ajustado muy debajo de su posición.</p>
<p>6. Mala llama de aceite combustible</p>		<p>Llama deslumbra. Demasiado aire secundario. Demasiado vapor de atomización.</p>
<p>7. Mala llama de aceite combustible</p>		<p>Llama de forma irregular - pobre. Muy poco aire primario. Enchillado (axón) muy espaciado.</p>
<p>8. Retroflama de aceite combustible.</p>		<p>Muy poco tiro. Muy poco aire primario (combustible). Presión de gas muy baja.</p>

Fig. N° 27: Efecto de principales variables en la forma de la llama (Continuación)  
Fuente: Tesis "Estudio y análisis del proceso de corrosión en hornos de una refinería de petróleo".

Color	°F	°C
Rojo suave	875	475
Rojo suave a rojo oscuro	875 - 1200	475 – 650
Rojo oscuro a rojo cereza	1200 - 1375	650 – 750
Rojo cereza a rojo cereza brillante	1375 - 1500	750 – 825
Rojo cereza brillante a naranja	1500 - 1650	825 – 900
Naranja a amarillo	1650 - 2000	900 – 1090
Amarillo a amarillo brillante	2000 - 2400	1090 – 1320
Amarillo brillante a blanco	2400 - 2800	1320 – 1540
Blanco a blanco deslumbrante	Más de 2800	Más de 1540

Cuadro N° 04: Color de temperaturas observadas en la llama  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.

Numero de Tubos	Ubicación	Díametro Externo ( plg )	Espesor ( plg )	Material	Largo ( ft )	Superficie Expuesta ( ft2 )	Rango de Absorción ( BTU hr/ft2 )	Absorción Total ( BTU/hr )	Temp. Máxima de Operación (°C )
120	Sección de Convección	5,563	Sch 40 0,258	Ac. Carbono A-106-62 T Gr. B	17	14.000	2.080	29,1 E6	500
8 (vapor)	Sección de Convección	5,563	Sch 40 0,258	Ac. Carbono A-106- 62 T Gr. B	17	935	3.240	3,03 E6	500
36	Sección de Convección	5,563	Sch 40 0,258	Ac. A-335- 65 Gr. P5 (5% Cr ; 0,5% Mo)	17	840	9.550	8 E6	620
64	Sección de Radiación	5,563	Sch 40 0,258	Ac. A-335- 65 Gr. P5 (5% Cr ; 0,5% Mo)	44	4.230	12.000	50,7 E6	620

Cuadro N° 05 Dimensionamiento de los tubos del horno 02H1  
Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.

## Eficiencia global del horno

El calor aprovechado en el horno es la energía útil ( $Q_u$ ) y se determina indirectamente, cuantificando y descontando todas las pérdidas de energía al calor de combustión. Los resultados en general son bastante confiables, la confiabilidad dependerá de la medición y cálculo de los demás calores.

El cálculo directo de  $Q_{sr}$ , es menos confiable e induce a frecuentes errores; explicado porque las altas temperaturas del fluido generan un equilibrio dinámico de dos fases (líquido + vapor).

Una vez determinado  $Q_{sr}$  mediante los algoritmos, se hace posible calcular la energía útil y la eficiencia global del horno:

$$Q_u = Q_{sr} - Q_{sc}$$

$$E = (Q_{sr} - Q_{sc}) \times 100 / (f_c \cdot PCI)$$

Donde

E : Eficiencia (%)

$f_c$  : Flujo de combustible

PCI : Poder calorífico inferior

## Mantenimiento de los equipos Tópicos

generales de mantenimiento:

En general el mantenimiento se presenta bajo tres situaciones:

- Ejecución sin planeamiento y sin control (periodo de 1914 a 1930).
- Ejecución con planeamiento y sin control (periodo de 1930 a 1950).
- Ejecución con planeamiento y con control (de 1950 en adelante).

Estas situaciones evolutivas se caracterizan por la reducción de costos y aumento de fiabilidad y disponibilidad de los equipos.

a) Objetivos del mantenimiento.

En el caso del mantenimiento su organización debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida útil de las máquinas.

b) Métodos utilizados en la mantención de los equipos. □

Mantenimiento preventivo (MP)

Consiste en la planeación sistemática, programación y terminación a tiempo del trabajo de mantenimiento necesario que se diseña para garantizar la mayor disponibilidad del equipo e instalaciones, prolongar la vida útil de los activos de capital y reducir los costos. Este trabajo abarca inspección, limpieza, reemplazo y reparación (de fallas menores). Se programa por año (anual) para realizar en intervalos planeados regulares (periodicidad, frecuencia).

El MP es la inspección periódica de los equipos de la planta y sus fuentes de alimentación, para localizar los problemas potenciales y desarrollados previo a una falla declarada y de esta manera, ejecutar una mantención correctiva mientras el problema está en su fase menor. El objetivo de las inspecciones de mantenimiento preventivo es bajar los costos de operación y mantenimiento.

El MP es una mantención periódica basada en el tiempo de corrida, independiente de la condición del equipo. Normalmente se llevan registros históricos para obtener tendencias de desgaste, corrosión. Adicionalmente a la mantención predictiva, se efectuará mantención preventiva basada en las recomendaciones de los fabricantes, experiencias en equipos similares y de los resultados obtenidos en las mantenciones predictivas correspondientes a cada equipo.

Dentro de la mantención preventiva tenemos:

- Análisis de fallas:

Estudios de los antecedentes o historial, tendiente a determinar la(s) causa(s) con el fin de tomar las acciones correspondientes para evitar que se repitan.

- Paro de planta:

Durante una detención programada de la planta se efectuará una inspección a los equipos que no puedan ser intervenidos con la planta en servicio, basándose en aspectos sintomáticos derivados de las mantenciones predictivas, antecedentes operacionales, recomendaciones del fabricante y requerimientos normativos regulatorios.

- Mantenimiento correctivo (MC)

Este tipo de mantenimiento consiste en la reparación de la máquina una vez producida la falla, es más fácil de implementar y el equipo no se interviene mientras está en funcionamiento.

La mantención correctiva no permite programar ni planificar las acciones, las intervenciones consisten en remplazo del equipo o una reparación provisoria que de tiempo para poder planificar y programar adecuadamente una mantención eficaz con posterioridad.

Ante una falla inesperada, se deben seguir los siguientes pasos:

- **Solicitud de trabajo:**

Cualquier trabajo debe ser solicitado mediante una orden de trabajo, en forma clara y con la mayor información posible.

- **Planificación de trabajos:**

El coordinador tendrá la responsabilidad de planificar y programar los trabajos solicitados. Las órdenes de trabajo (OT) serán incorporadas y transmitidas a las divisiones de mantención correspondiente.

- **Ejecución de los trabajos:**

La OT será derivada a la división correspondiente de acuerdo a la criticidad de ésta, a la especialidad responsable y a la disponibilidad de personal.

- **Mantenimiento predictivo (MPD)**

Es la extrapolación de las tendencias gráficas de las lecturas físicas medidas, contra un límite técnico conocido para detectar, analizar y corregir problemas en el equipo antes de la ocurrencia de fallas. El MPD puede requerir de la instalación permanente de equipo monitoreo. Ciertamente involucra la toma de mediciones periódicas, como es el caso de la tensión, presión, desgaste, calor, etc.

El MPD debe cubrir el equipo cuya falla interrumpiría o detendría la producción, aumentaría los gastos, la contaminación y el control de la seguridad. También debería cubrir algunos equipos según criterios de operaciones y mantención.

El mantenimiento predictivo predice fallas y las previene en función de acciones periódicas, basadas en informaciones estadísticas y análisis de síntomas.

En la inspección predictiva se miden los valores de condiciones iniciales de fallas o valores de orígenes de fallas a través de sensores adecuados, con el equipo en funcionamiento y sin interrumpir el proceso. Estos valores se tratan matemáticamente, se analizan, prediciendo la ocurrencia de la anomalía y posibilitando la optimización de los tiempos de intervención del equipo.

El control predictivo ejecuta la mantención en el punto exacto en que se interfiere la confiabilidad del sistema, es decir, tal control determina el punto óptimo para efectuar y/o ejecutar la mantención preventiva en equipos en el cual la probabilidad de falla alcanza valores indeseables.

La determinación de este punto óptimo se puede hacer por análisis estadístico (análisis de falla, probabilidad de fallas, tasas de fallas) y/o análisis de síntomas (monitoreo).

Los objetivos específicos del mantenimiento predictivo son los siguientes:

- Vigilancia de máquinas.
- Diagnósticos de los problemas.
- Pronósticos de vida.

Para determinar las condiciones de los equipos y sistemas de proceso, se utilizarán distintas técnicas de diagnósticos, aplicables a todos aquellos, cuyas acciones se deben realizar con equipos en servicio y estas son:

- Inspección visual.
- Medición de vibración.
- Medición de la temperatura.
- Medición de espesor.
- Medición de eficiencia.
- Termografía.
- Detección de fugas.

□ Mantenimiento proactivo (MPR).

Aplica tecnologías avanzadas para la investigación y corrección defallas, con la finalidad de incrementar la vida útil de los equipos con la meta ideal de eliminar la mantención correctiva.

Tecnología de mantenimiento con la cual se ha mejorado las tecnologías de MP y MPD. Este MPR se enfoca hacia la reducción del mantenimiento total requerido y a la maximización de la vida útil de los



equipos por medio de la eliminación sistemática de las fuentes de fallas, evita y detecta las anomalías que producen fallas.

### Falla

Se define como un suceso después del cual un equipo o sistema completo, deja de cumplir total o parcialmente sus funciones. Es la alteración de la capacidad de trabajo del componente de un equipo o sistema. No necesariamente una falla es algo catastrófico, sino que se puede definir como una desviación de una característica de calidad respecto a su valor nominal.

### Vida útil remanente (VUR)

Aquellos mecanismos de daño que se relacionan a la edad, aumentan su probabilidad de falla de acuerdo al tiempo o ciclos de servicio, permitiendo predecir hasta que momento la operación de este equipo implica un riesgo aceptable, lo que se conoce como Vida Útil.

De acuerdo con las velocidades de deterioro, daño o corrosión de los materiales y considerando las especificaciones dadas en los data-sheet, se podrá proceder a un cálculo aproximado de la vida útil de los componentes críticos de los equipos evaluados.

Se debe establecer la velocidad de corrosión interna para cada uno de los componentes que puedan causar una pérdida de contención, mediante la comparación de espesores medidos en las diferentes inspecciones.

El espesor de las paredes de los recipientes que contienen un fluido está compuesto por un espesor resistente que corresponde al espesor

necesario para contener un fluido a determinada presión, se debe proveer una tolerancia a la corrosión, que es un sobre espesor entre 1/16" y 1/8" que debe ser establecido según el uso a partir de la información disponible de la corrosión esperada y la vida de operación deseada.

La vida útil remanente corresponde a:

$$\text{VUR} = \text{Tolerancia a la corrosión remanente} / \text{Velocidad de corrosión ajustada}$$

La comparación de espesores puede ser llevada a cabo por diferentes métodos:

Punto a punto, por alturas o platos, por regiones, menor espesor a menor espesor, mayor espesor a mayor espesor, mayor espesor a menor espesor y por moda; de acuerdo de la manera en que la corrosión pueda afectar a el equipo o componente, algunas entradas o salidas de corrientes pueden variar la agresividad del ataque haciendo que unas zonas se vean más afectadas que otras; además la comparación puede hacerse para diferentes intervalos de tiempo.

Curva de la bañera

Es una representación gráfica de las fallas que puede padecer un equipo durante su tiempo de vida útil. En la siguiente figura, se visualiza la probabilidad de fallo instantáneo de un elemento que se comporta inicialmente de forma decreciente (a esta zona se le denomina de mortalidad infantil), en su vida media con una probabilidad de fallo casi constante (zona de vida útil), y finalmente con probabilidad de fallo que aumenta con la edad (zona de desgaste). Esta curva es muy habitual en elementos reales, aunque en la práctica muchas veces se simplifique estudiando únicamente su zona central, que tiene tasa de fallo constante.

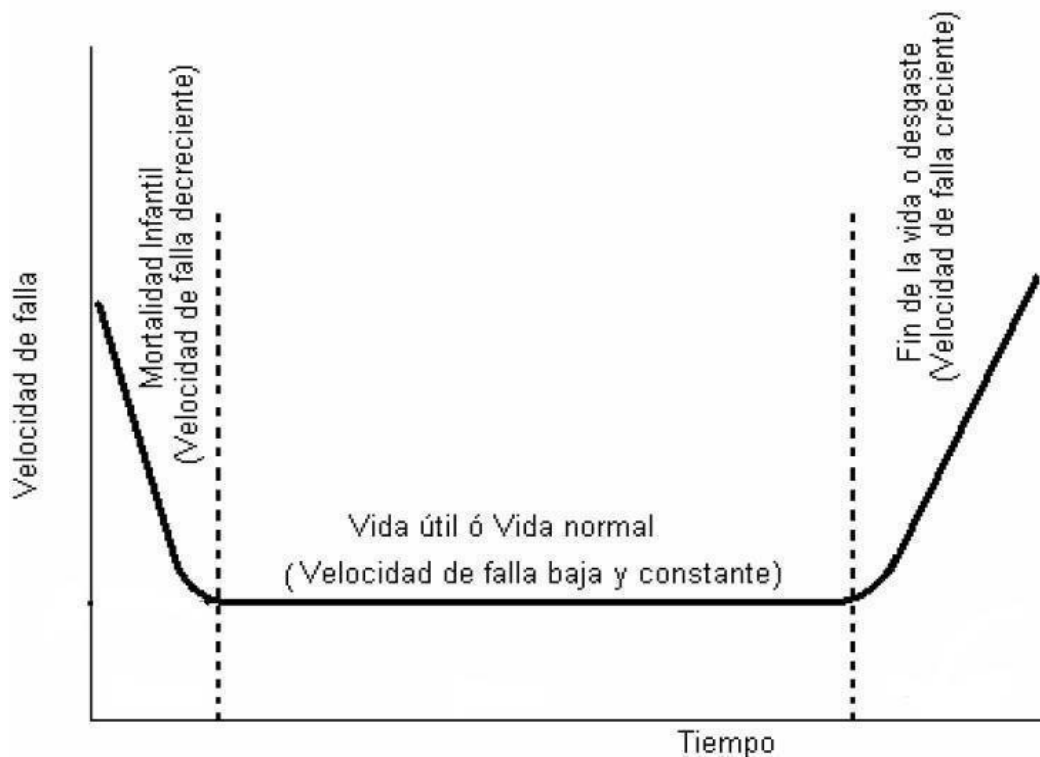


Fig. N° 28: Curva de la Bañera.

Fuente: Mariani (2007).

### Confiabilidad

La confiabilidad de un equipo o componente es el periodo de tiempo en el cual puede asegurarse que este operará de manera segura y confiable, para el equipo estático este periodo de tiempo también se conoce como máximo intervalo de inspección. El máximo intervalo de inspección de un equipo o componente, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{MII} = \text{VUR} \times \text{Factor de intervalo}$$

Donde:

MII = corresponde al máximo intervalo de inspección

VUR = vida útil remanente del equipo o componente

FI = el factor de intervalo

El factor de intervalo se obtiene de la combinación de la criticidad y la confianza del componente o equipo.

Por convención cuando el MII de un equipo es superior a 4 años, la confiabilidad de este será igual a 4 años. Antes se verificará que la probabilidad de falla con la cual se determinó la criticidad del equipo o componente antes de la inspección coincida con la probabilidad de falla. Para corrosión interna la probabilidad de falla es la relación entre la velocidad teórica y la velocidad real de acuerdo con la siguiente tabla:

Probabilidad de falla	Velocidad real /Velocidad teórica
H	□ 4
M	1 a 4
L	0.5 a 1
N	□ 0.5

Cuadro N° 06: Probabilidad de falla de acuerdo a la relación de velocidades

Fuente: UOP Honeywell Company. Fired Heaters 2008.

### Criticidad

Para determinar la criticidad se debe hacer el análisis de la información de las condiciones de proceso, materiales, balance de materia y energía, permite identificar cuáles son los mecanismos de daño que contribuyen como factor de riesgo para un determinado equipo. La criticidad se determina con la combinación de probabilidad de falla y la consecuencia de falla de acuerdo a la matriz de riesgo ver cuadro N° 6, el procedimiento para calcular el MII se realiza tal como se mencionó.

### Riesgo

El riesgo es la combinación de la probabilidad de algún evento que ocurre durante un periodo de tiempo de interés y las consecuencias

(generalmente negativas) asociadas con el evento. En términos matemáticos, el riesgo puede ser calculado por la ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

La probabilidad, se determinada por la susceptibilidad a la falla y las consecuencias de tipo Económico, Salud, Seguridad y Medio Ambiente. Con la aplicación de la inspección basada en riesgo se evalúa el nivel de riesgo actual de los equipos, obteniéndose una jerarquización del nivel de riesgo.

Para la evaluación se utilizan cuestionarios detallados que permiten definir a un nivel semicuantitativo cada uno de los escenarios a evaluar. Si la combinación de probabilidad y consecuencia (riesgo) es lo suficientemente alta para ser inaceptable, entonces se recomienda una acción de mitigación.

#### Plan de inspección

El Plan de Inspección contiene la definición de los equipos que se requieren inspeccionar y las tareas a realizar para la estrategia de inspección definida.

El efecto del plan de inspección en el nivel de riesgo de cada componente es evaluado a través de la disminución en la probabilidad de falla de cada equipo, si la acción de inspección no presenta un efecto tal en la probabilidad de falla de manera que el riesgo sea reducido hasta un nivel razonablemente aceptable, entonces es necesario proponer escenarios de inspección alternos hasta lograr la mejor administración del riesgo posible.

Al ejecutar dicho plan para cada equipo a evaluar debe detallar el riesgo no mitigado el cual se utiliza para evaluar la urgencia para realizar la inspección. Existen riesgos que no pueden ser administrados mediante la inspección por lo que se requiere de acciones de mitigación de no inspección para reducir el riesgo a niveles aceptables como en el caso de equipos próximos al retiro, mecanismos de falla que dependen de las condiciones de operación, y los riesgos dominados por las consecuencias y otros.

El riesgo sin embargo no puede ser reducido a cero, siempre existe un riesgo residual producto de factores difícilmente controlables.

□

Estándares y normas aplicables a hornos de proceso.

Estándares API (American Petroleum Institute):

- API 510 - "Pressure Vessel Inspection Code".
- API 530 - "Calculation of Heaters Tube Thickness in Petroleum Refineries".
- API 535 - "Burners for Fire Heaters in General Refinery Services".
- API 556 - "Instrumentation and Controls Systems for Fire Heaters and Steam Generators".
- API 560 - "Fired Heaters for General Refinery Service".
- API 580 - "Risk Based Inspection"
- API 581 - "Base Resource Document- Risk- Based Inspection"
- API 935 - "Thermal Conductivity Measurements Study of Refractory

- API 936 - “Refractory Installation Quality Control Guide Lines - Inspection and Testing Monolithic Refractory Lining and Materials”.

□ Estándar NFPA (National Fire Protection Association):

- NFPA 86 - “Standard for Ovens and Furnaces”.

□ Estándar AWS (American Welding Society)

- AWS D1.1 - “Structural Welding Code - Steel”

□ Estándar ASME (American Society of Mechanical Engineers)

- ASME B 31.3 - “Process Piping”

#### 4.6 Fases del proyecto

##### Análisis del deterioro o falla

Debido a la cantidad de fallas presentadas y a las paradas de emergencias producidas en la elaboración de petróleo en el Horno 02H1 de la Refinería La Pampilla, es necesario realizar la evaluación técnica, con el objeto de recuperar la eficiencia del horno a partir del comportamiento histórico de fallas, utilizando una de las herramientas modernas generales de confiabilidad, como es el RCA (Análisis de Causa Raíz) y así poder identificar las fallas más recurrentes, para plantear las estrategias a seguir por parte del equipo de mantenimiento de estáticos de TECSUR y evaluar la recuperación de la integridad mecánica y energética del horno de pirolisis.

Bajo condiciones normales este deterioro es usual, pero no siempre gradual. Cuando el equipo está sometido a condiciones anormales el deterioro puede ser mucho más rápido.

Los equipos nuevos también son fabricados por la propia refinería o contratistas. El diseño y fabricación de esos equipos están bajo ciertas especificaciones, como regla, deben estar basados en códigos y estándares reconocidos y aceptados.

Los materiales y equipos comprados deben ser inspeccionados para determinar si cumplen o no con las especificaciones y si no lo están deben ser rechazados o aceptados según criterio del inspector. Cuando el deterioro no va acompañado por pérdida del metal, ésta frecuentemente se muestra como una grieta difícil de reparar con soldadura.

Para desarrollar un plan de inspección para equipos que operan a elevadas temperaturas (generalmente en el rango de 400° - 540°C, dependiendo de las condiciones de operación y aleación), debe ser considerado lo siguiente para evaluar la vida útil restante:

- a. Deformación por desprendimiento y ruptura por tensión.
- b. El crecimiento de la fisura por el desprendimiento.
- c. El efecto del hidrógeno en el desprendimiento.
- d. La interacción del desprendimiento y la fatiga.
- e. Los posibles efectos metalúrgicos, incluso una reducción en la ductilidad.

En algunas operaciones se presentan múltiples condiciones causantes de deterioro, como la corrosión y la erosión. Cuando esto ocurre, la pérdida del espesor del metal es bastante más elevada que comparándolas en forma separada, en general la pérdida de metal tiene su tiempo.

Cuando un equipo es sometido a temperaturas más altas de las que fue diseñado, a menudo ocurren distorsiones que pueden resultar en una falla en particular en los puntos de concentración de esfuerzos. Si la temperatura llega a ser excesiva, también pueden ocurrir en los metales cambios



químicos y estructurales y llegar a ser un equipo debilitado.

Dichos cambios a menudo ocurren como resultado de un incendio. A temperatura de congelamiento, el agua y algunos químicos manejados en los equipos pueden congelarse, causando roturas en cañerías y estanques.

### Evaluación Técnica

Este estudio corresponde a la implementación de la metodología del análisis de causa raíz propuesta para la eliminación de malos actores y el listado en el cual el horno 02H1 presenta alta frecuencia de falla.

#### Análisis de la causa raíz (RCA).

Es un método de resolución de problemas dirigido a identificar sus causas o acontecimientos. La práctica del RCA se basa en el supuesto de que los problemas se resuelven mejor al tratar de corregir o eliminar las causas raíz, en vez de simplemente tratar los síntomas evidentes de inmediato.

Dentro de una organización el análisis de causa raíz está conectado fundamentalmente por tres preguntas básicas.

#### Aspectos importantes a incluir en el análisis de causa raíz (RCA)

- El proceso de análisis de causa raíz debe aprovechar los conocimientos de las personas e impedir que sus sesgos controlen la dirección de la investigación.
- El proceso de análisis de causa raíz debe describir los hechos del caso a fin de que las relaciones causales sean claras y la relevancia de las causas de aquellos hechos pueden ser verificadas.

- El proceso de análisis de causa raíz debe también ayudar al analista y a la administración a comprender que acciones deben ser realizadas para implementar posibles soluciones y quien en la organización se necesita para tratar estas acciones.



Fig. N° 29: Gráficos del método Causa - Raíz  
Fuente: Propia

#### B.- Análisis causa raíz de las fallas evaluadas en el horno 02H1

Paso 1: Registro del Incidente. Como pérdida potencial del horno en análisis, baja ostensiblemente el volumen de producción debido a que solo se llegase a disponer solamente de un solo horno. Paso 2: Valoración del incidente. Se podría presentar la pérdida total del horno debido a que tiene varios quemadores abombados y en este momento no se disponen de tubería repuesto.

- Aplicación de la matriz RAM.

Las operaciones que realiza REPSOL S.A. requieren de una evaluación y clasificación ágil de los riesgos. Para ello, se ha adoptado una herramienta sencilla y fácil de usar como es la matriz de valoración de riesgos RAM. La matriz debe usarse en una serie de temas y actividades. La Matriz de evaluación de riesgos es una herramienta para la evaluación cualitativa de los riesgos y facilita la clasificación de las amenazas a la salud, seguridad, medio ambiente, relación con clientes.

ÁREA O TEMA	EJEMPLO
<p>HSE Gestión social Seguridad física</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de riesgos HSE, gestión social y seguridad física, fijando los objetivos y priorizando las iniciativas de reducción de riesgos</li> <li>• Análisis de Trabajo Seguro</li> <li>• Valoración riesgo de tareas específicas</li> <li>• Investigación de los incidentes (Accidentes, Casi accidentes, fallas operacionales, etc.)</li> <li>• Clasificación de los hallazgos de auditorías</li> <li>• Evaluación y clasificación de los incidentes</li> <li>• Detección de vulnerabilidad</li> <li>• Análisis de riesgos de instalaciones de la Empresa</li> <li>• Protección de funcionarios</li> <li>• Transporte aéreo en zonas de alto riesgo</li> <li>• Protección de elementos y/o equipos de la Empresa</li> </ul>
<p>Diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de factibilidad</li> <li>• Evaluaciones de impacto ambiental</li> <li>• Selección de estándares de diseño</li> <li>• Aplicación de control de cambios</li> </ul>
<p>Planeación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeación de mantenimiento</li> <li>• Planeación de paradas de planta</li> <li>• Planeación de la producción</li> <li>• Procedimiento para adquisición de bienes y servicios</li> <li>• Priorización de acciones de mantenimiento o inversión</li> </ul>
<p>Construcción mantenimiento y montaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de permisos de trabajo</li> <li>• Selección de códigos y prácticas de diseño e ingeniería</li> <li>• Selección de guías en salud ocupacional y seguridad en construcción.</li> <li>• Inspección basada en el riesgo (RBI)</li> <li>• Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)</li> <li>• Función de protección por instrumentos (IPF)</li> </ul>

Cuadro N°07: Área o tema que abarcan la matriz RAM

Fuente: Propia

Para determinar el nivel de las consecuencias se utiliza una escala de "0" a "5"; para evaluar la probabilidad se utiliza una escala de "A" a "E", basándose en la experiencia o evidencia histórica en que las consecuencias identificadas se han materializado dentro de la industria, la empresa o el área; representa la probabilidad de que se desencadenen las consecuencias potenciales o reales estimadas, según el caso. Para este caso de la RAM, estimar la probabilidad y las consecuencias no es una ciencia exacta. La estimación de la consecuencia se basa en la respuesta a "qué ocurrió" o "qué pudo o podrá ocurrir; mientras que la estimación de la probabilidad se basa en información histórica respecto de casos ocurridos anteriormente en similares condiciones, sabiendo que las circunstancias nunca son exactamente las mismas.

Clasificación de los riesgos.

La evaluación y clasificación de los riesgos debe hacerse teniendo en cuenta los siguientes tres elementos:

- El primero es la categoría de consecuencia con la cual está relacionada la evaluación: Personas (PE), Económica (EC), Ambiental (MA), Cliente (CL) e Imagen (IM).
- El segundo corresponde a la gravedad de las consecuencias: 0-5.
- El tercero corresponde al nivel de probabilidad del suceso: A-E.

Para mayor información sobre el uso y manejo de este formato consulte instructivo ECP-DRS-1-007

CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD					
Personas	Economica	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
						No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Unidad, Superintendencia o Departamento
Una o mas fatalidades	Catastrofica > \$10M	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidades)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

Personas	0	N
Económica	3E	H
Ambiental	1E	L
Clientes	0E	N
Imagen	0E	N

Cuadro N° 08 : Valoración Matriz RAM y su Raíz

Fuente: Propia

Paso 3: Identificación del problema. El horno 02H1 ha presentado fallas múltiples por tubos, refractarios y quemadores generando baja confiabilidad en el sistema, la cual en el corto plazo producirá pérdidas por lucro cesante de la planta, si no se toman las medidas inmediatas.

#### □ Cronograma de fallas y reparaciones

Lista de fallas generales en forma cronológica del horno 02H1: Año 2007

- Mayo 18: Se apaga por alto inventario y parada programada de planta.
- Mayo 27: Insular líneas del 02H1.
- Mayo 30: Retirar y hacer mantenimiento a válvula de control vapor de los serpentines
- Julio 24: Retirar y hacer mantenimiento a válvula de control vapor de los serpentines
- Nov. 19: Corregir escapes en el sistema de vapor producto recalentado y de 150 PSI (convección). Empacar válvulas del sistema vapor anticoque, revisar refractario y quemadores y cambiar válvulas de drenaje.

Año 2008:

- Enero 23: Reparar serpentín vapor precalentamiento, la deflexión que presenta la tubería hace imposible retirar exactamente el tubo roto. Se acordó, se cambiaran todos los tubos de acero carbono del serpentín sur, es decir, las seis hileras superiores de tubos (doce tubos) teniendo en cuenta de dejar instalada la U que une la fila 7 con la 6 en el extremo occidental ya que en ella se tiene una junta bimetálica. Como recomendación posterior, deberá cambiarse 100%.
- Febrero 16: Fabricar manifold para analizador.
- Marzo 9: Cambiar termocuplas 35, 36, 37, 38. La cerámica de las termocuplas de los puntos 35 y 36 del H-4100-C estaban quemadas.

- Marzo 16: Reparar escapes y entrada de aire parasita
- Marzo 16: Reapretar manhole superior occidental.
- Marzo 17: Escape línea venteo del intercambiador (E-4100C).
- Mayo 6: Revisar, calibrar y alinear indicador de temperatura.
- Julio 5: Revisar termocupla del TIC41012.
- Septiembre 17: Revisar termocupla TI-41040.
- Septiembre 24: revisar termocupla TI-41040.

Año 2009:

- Abril 19: Se quita carga por problemas en la bomba de condensado.
- Mayo 1: Posible taponamiento en serpentines del horno afectando la producción de etileno agrietamiento tanto en el material base como en la zona haz de las soldaduras aplicadas en los soportes de los conos.

Año 2010:

- Abril 27: Horno a de coquing por falla

Año 2011:

- Septiembre 5: Fuera de servicio por falla eléctrica.

Año 2012:

- Julio 4: Fuera de servicio por emergencia y falta de carga.
- Abril 2 de 2012: Reparar revestimiento en líneas de transferencia, y corregir escape por rotura en la línea de vapor anticocking y en línea de drenaje del anillo.

Paso 4: Análisis de causa posibles. Se realizó diagrama de causa efecto, analizando todas las posibles causas, como se aprecia en los cuadros 7,8 y 9 respectivamente.

Paso 5: Verificación de causas. Se seleccionaron como causa raíz

aquellas que estaban soportadas (resaltadas en amarillo).

#### Paso 6: Selección de criterios

Que se debe alcanzar:

- Número de días de prueba de operación normal posterior a la reparación (mínimo 60 días)
- Operación eficiente del horno.
- Aseguramiento de procedimientos de operación y mantenimiento.
- Propuestas de solución económicamente justificables.
- Implementar monitoreos programados de termografía.

Que se debe evitar:

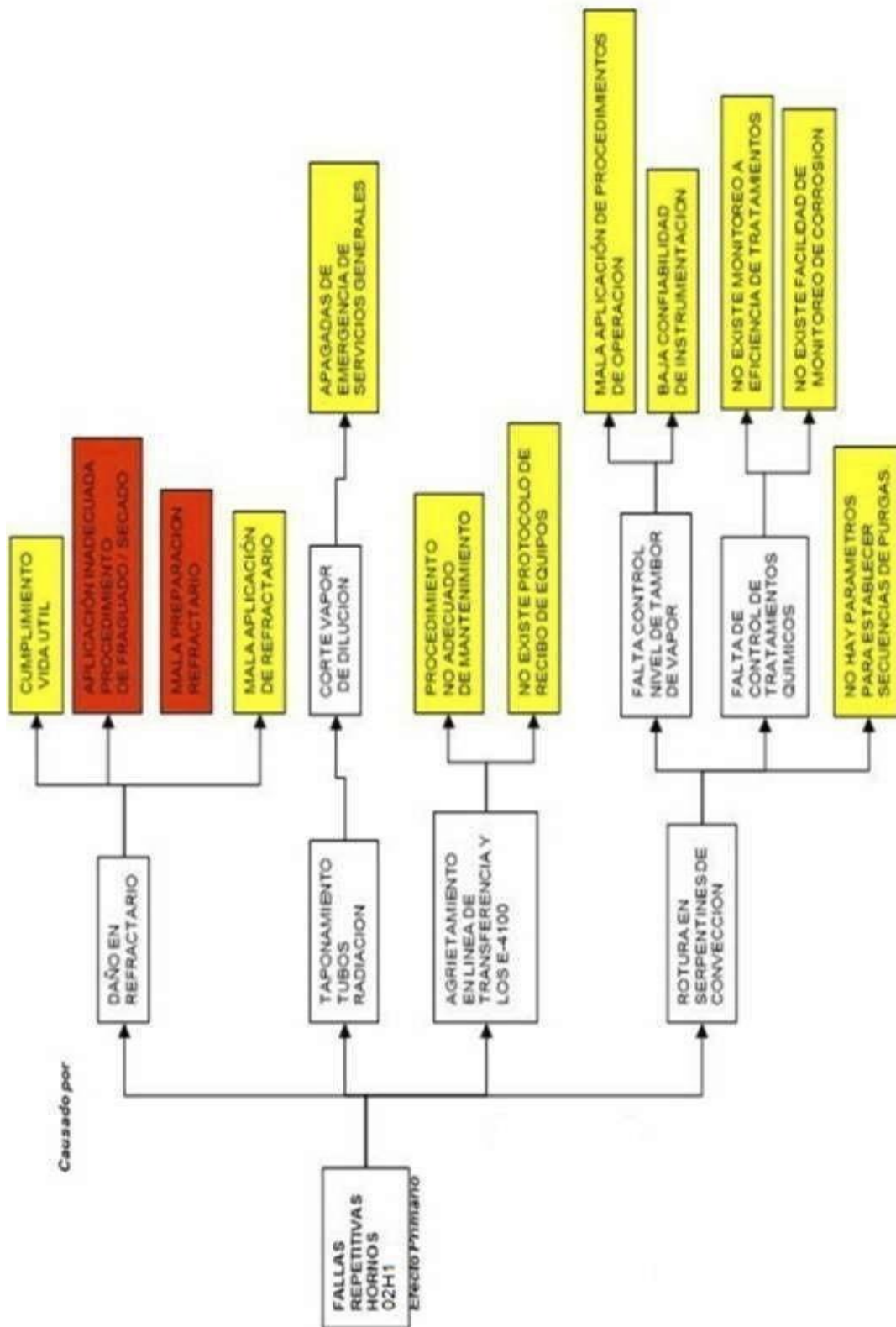
- Reutilizar partes de otros hornos sin control alguno (repuestos obsoletos).
- Paradas de emergencia.
- Degradación de crudo a mezcla de combustibles.

Deseos:

- Disponibilidad de repuestos en planta o proveedor.
- Estabilidad en la composición del combustible (cabezal de refinería).

A continuación se presentan los diagramas de causa y efecto con sus respectivos planes de mejora para las principales fallas que afectan al horno 02H1. Los diagramas de causa y efecto realizados fueron:





Cuadro N° 09 y Cuadro N° 10: Análisis causa raíz de las fallas del horno 02H1 (parte I)

Fuente: Propi

Elemento	Falla	Causa	Tipo causa	% incidencia
Casing	bajespes	Corrosio	Corrosión	60.00%
Casing	grietas	Corrosio	Exceso de temp.	40.00%
Casing	rotura	Corrosio		
Casing	deformac	Excetemp		
Casing	despintu	Excetemp		
Nº de fallas 5				100%

Elemento	Falla	Causa	Tipo causa	% incidencia
Coliradi	grietas	Corrosio/ erosion	Corrosión	8.33%
Coliradi	pandcurv	Excetemp	Erosión	8.33%
Coliradi	abultloc	Excetemp	Exceso de temp.	83.33%
Coliradi	hundimie	Excetemp		
Coliradi	coquitub	Excetemp		
Nº de fallas 6				100%

Elemento	Falla	Causa	Tipo causa	% incidencia
Banconv	Grietas	Corrosio/ erosion	Corrosión	6.25%
Banconv	Pandcurv	Excetemp	Erosión	6.25%
Banconv	Abultami	Excetemp	Exceso de temp.	62.50%
Banconv	Hundimie	Excetemp	Erosión por flujo p.	12.50%
Banconv	Rompimie	Excetemp	Suciedad ext. de tubos	12.50%
Banconv	Bajespes	Erosfluj		
Banconv	Coquitub	Excetemp		
Nº de fallas 8				100%

Elemento	Falla	Causa	Tipo causa	% incidencia
Dampers	Deformad	Excetemp	Exceso de temp.	33.33%
Dampers	Bajespes	Corrosio	Corrosión por temp.	33.33%
Dampers	Trabado	Mecdañad	Mecanismo dañado	33.33%
Nº de fallas 3				100%

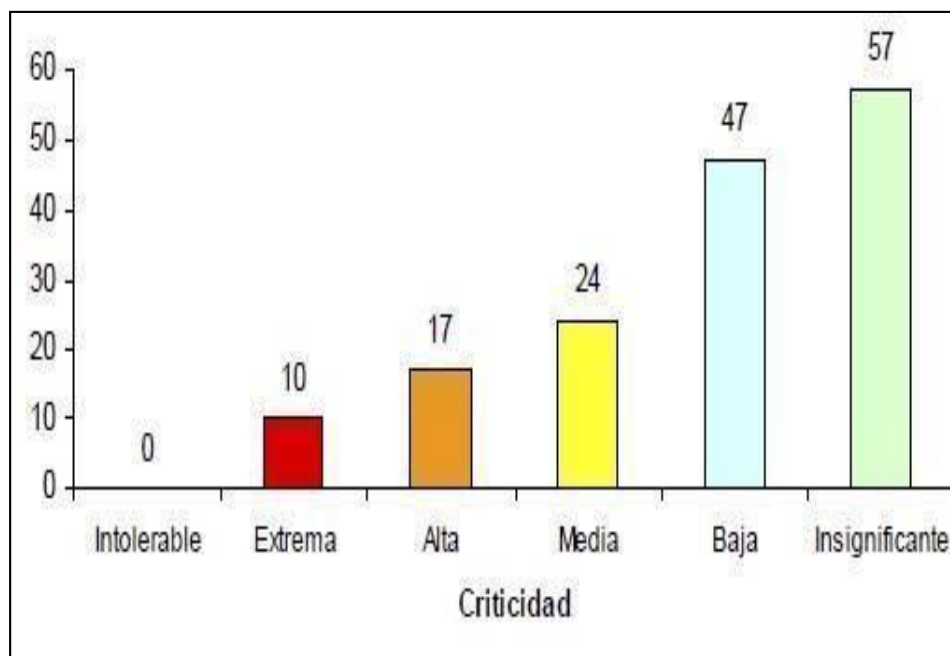
Elemento	Falla	Causa	Tipo causa	% incidencia
Quemadfo	Sucio	Residcom	Corrosión	35.71%
Quemadfo	fundido	Excetemp	Exceso de temp.	32.14%
Quemadfg	Sucio	Residcom	Residuos combustibl.	21.43%
Quemadfg	fundido	Excetemp	Daño químico	3.57%
Soportes	Bajespes	Corrosio	Tapa mal montada	7.14%
Refracta	Dañodesp	Excetemp/ añoquim		
Chimenea	Rotura	Corrosio		
Nº de fallas 14				100%

Cuadro N° 11 y Cuadro N° 12 : Análisis causa raíz de las fallas del horno 02H1 (parte III)  
Fuente: Propia

	Criticidad	No. de Tag	Porcentaje
Intolerable	X	0	0%
Extrema	E	10	6%
Alta	H	17	11%
Media	M	24	15%
Baja	L	47	30%
Insignificante	N	57	37%
	<b>TOTAL</b>	<b>155</b>	

Cuadro N° 13 : Criticidad de Refinería La Pampilla

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A.



Distribución de Criticidad en refinería La Pampilla

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A

	Confianza	No. de Tag	Porcentaje
VL	Muy Baja	42	27%
L	Baja	24	15%
M	Media	54	35%
H	Alta	15	10%
VH	Muy Alta	20	13%
	<b>TOTAL</b>	155	

Cuadro N° 14 : Confianza de refinería La Pampilla

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A.

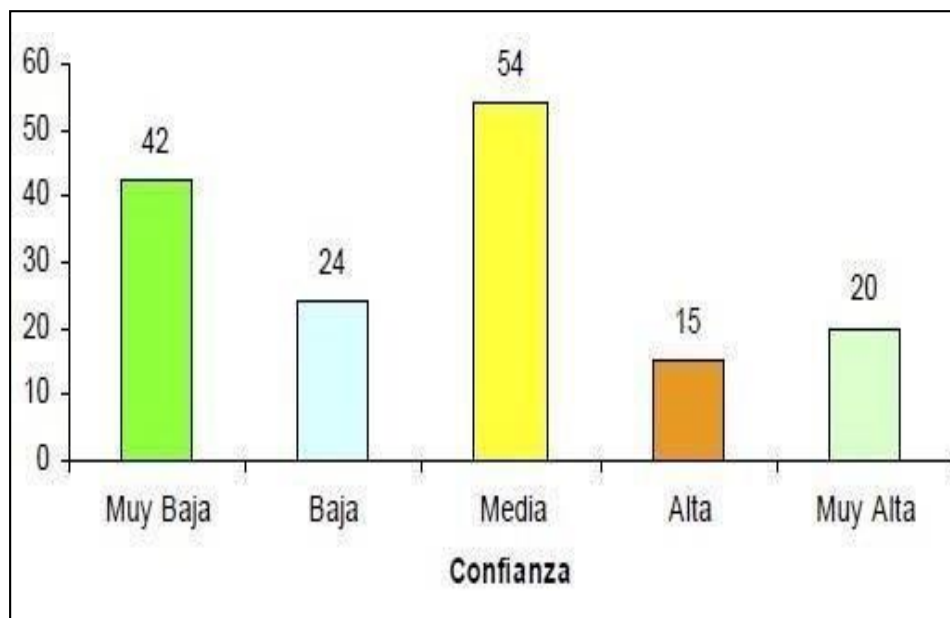


Fig. N° 31: Distribución de Confianza en Refinería La Pampilla

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A

Corrosión Loop	Tagnumber	Modo de Falla	Confianza	Criticidad
RELAPASA UDP II	02H1-Boq Quem	Int. Corr.	H	N
RELAPASA UDP II	02H1-Boq Quem	Erosion	VH	N
RELAPASA UDP II	02H1-Boq Quem	Th. Fat.	VH	L
RELAPASA UDP II	02H1-Boq Quem	HT Embr.	VH	N
RELAPASA UDP II	02H1- Carcaza	Int. Corr.	VH	N
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Conv	Creep	L	H
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Conv	Int. Corr.	VH	M
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Conv	Erosion	VH	M
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Conv	Th. Fat.	M	E
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Conv	HT Embr.	M	E
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Rad	Creep	VH	H
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Rad	Int. Corr.	VH	M
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Rad	Oth. AR	VL	H
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Rad	Erosion	H	M
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Rad	Th. Fat.	M	E
RELAPASA UDP II	02H1- Tub Rad	HT Embr.	VH	M
RELAPASA UDP II	02H1-Chimenea	Int. Corr.	VH	L
RELAPASA UDP II	02H1-Chimenea	Th. Fat.	M	L
RELAPASA UDP II	02H1-Tub Quem	Int. Corr.	M	N
RELAPASA UDP II	02H1-Tub Quem	Erosion	H	N

Cuadro N° 15 : Distribución de Criticidad y Confianza en el Horno 02 H1

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A.

ZONA	Velocidad de corrosión teórica (mm/año)	Velocidad de corrosión real (mm/año)	Velocidad real /Velocidad teórica	Probabilidad de falla real	Criticidad real
02H1 Tub Rad	0.5	0,128	0,256	N	L
02H1 Choque	0.5	0,059	0,118	N	L

Cuadro N° 16 : Datos usados para el cálculo de la Criticidad real del horno 02H1

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A.

ZONA	Criticidad real	Confianza	Factor de Intervalo	Vida remanente (año)	MII (años)
02H1 Tub Rad	L	VH	0,7	17,79	12,45
02H1 Choque	L	VH	0,7	33,64	23,55

Cuadro N° 17 : Datos usados para el cálculo de la Confiabilidad o MII del horno 02H1

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A.

- Estimación de la vida útil remanente del horno 02H1

El primer paso es establecer la velocidad de corrosión para cada uno de los tags o regiones del horno 02H1, como se menciona se realiza mediante la comparación de espesores medidos en las diferentes inspecciones.

ZONA	Criticidad real	Confianza	Factor de Intervalo	Vida remanente (año)	MII (años)
02H1 Tub Rad	L	VH	0,7	17,79	12,45
02H1 Choque	L	VH	0,7	33,64	23,55

Cuadro N° 18 : Datos usados para el cálculo de la vida útil remanente del horno 02H1

Fuente: Refinería La Pampilla - REPSOL S.A.



### C.- Cronograma de Actividades

2	3	ACTIVIDADES EN ZONA RADIANTE	PERSONAL ASIGNADO DIA	PERSONAL ASIGNADO NOCHE	1		2		3		4		5		6		7		8	
					D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H
4		APERTURA DE ACCESOS DE ZONA RADIANTE Y CONVECTIVA	J. GALAN G. RAMOS E. HONORES M. HIDALGO																	
5		LIMPIEZA MECANICA Y TALQUEO DE SERPENTIN DE TUDOS	J. GALAN G. RAMOS E. HONORES C. ANTON	Z. CISNEROS D. TOVAR R. TAPIA M. HIDALGO																
6		RESANE DE PAREDES CON REFRACTARIO	J. GALAN G. RAMOS E. HONORES G. DIAZ	Z. CISNEROS R. TAPIA D. TOVAR O. SAMAN																
7		RETIRO Y SOLDEO DE 28 TERMOCUPLAS DE SERPENTIN DE TUDOS DE ZONA RADIANTE	C. ANTON J. BARRUETA	M. HIDALGO J. SILVA																
8		PRUEBA HIDROSTATICA DE TUDOS DEL SERPENTIN	J. GALAN G. RAMOS E. HONORES C. ANTON	Z. CISNEROS D. TOVAR R. TAPIA M. HIDALGO																
9																				
10		<b>ACTIVIDADES EN ZONA RADIANTE</b>																		
11		INSTALACION DE FACILIDADES PARA EL LAVADO DE ZONA CONVECTIVA	J. GALAN G. RAMOS E. HONORES C. ANTON	Z. CISNEROS D. TOVAR R. TAPIA M. HIDALGO																
12		LAVADO QUIMICO DE SERPENTIN	J. GALAN G. RAMOS E. HONORES C. ANTON	Z. CISNEROS D. TOVAR R. TAPIA M. HIDALGO																
13		RETIRO DE FACILIDADES	J. GALAN G. RAMOS E. HONORES C. ANTON	Z. CISNEROS D. TOVAR R. TAPIA M. HIDALGO																
14																				
15		MANTEENIMIENTO DE QUEMADORES, REEMPLAZO DE 15 VALVULAS, REEMPLAZO DE EMPAQUE EN TV, DESATORO DE LINEA DE MUESTREADOR, ELIMINACION DE FUGAS EN VALVULAS DE VAPOR DE ATOMIZADO.	R. ALEGRE [ALP] AYUDANTE [ALP] W. CRISANTO AYUDANTE [ALP] OPERARIO [ALP] AYUDANTE [ALP]	P. CORONADO J. HIDALGO G. PRIETO																
16																				
17		MANTEENIMIENTO DEL BZEA.	D. OLAYA P. CALCINA ALP [AYUDANTE] ALP [AYUDANTE]																	
18																				
19		MISCELANEOS: BZEA. BZFA BZEA RETIRO E INSTALACION DE 15 VALVULAS DE SEGURIDAD	G. DIAZ ALP [AYUDANTE] E. CASTRO ALP [AYUDANTE]	S. PURIZACA S. CIERTO																
20																				

Cuadro N°19 - Cronograma del proyecto

Fuente: Propia

## V. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA

### 5.1 Análisis Estratégico

#### 5.1.1 Panorama mundial

Las cifras de consumo de petróleo en el 2012 remontaron los 89,7 millones de barriles por día, representando un incremento de 2% respecto a 2011, aumento que en términos de volumen igualó los 1,7 millones de barriles por día, variación superior al promedio calculado desde el año 2000, que en términos anuales ascendió a los 1,04 MBPD y que porcentualmente significa 1,27% promedio año. Regionalmente se mantienen las tendencias, siendo la región Asia Pacífico la de mayor participación con aproximadamente una tercera parte del consumo mundial de petróleo del (33,2%), mostro un incremento de 5,2%, con respecto a 2011 con lo cual se aprecia el crecimiento económico especialmente de China, India, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia, en realidad solo tres países de la región presentaron reducción en el consumo de petróleo. La región muestra una tasa de crecimiento de 2.9% en los últimos doce años, cantidad que sobrepasa de lejos el promedio anual mundial. La figura muestra la evolución del consumo mundial de petróleo, considerando las distintas áreas geográficas. Norteamérica conforma la segunda región consumidora de petróleo y participa con un 25,7% del consumo mundial, pese a su reducción continúa figurando desde 2005. Al mismo tiempo la región europea redujo el gasto de petróleo en 380 mil barriles día con una tasa de crecimiento negativa de 5,1%, de manera similar a lo ocurrido en los doce últimos años, cuando los países de la Unión Europea perdieron cerca del 1,1% puntos



porcentuales cada año, acumulando una disminución de 682 mil barriles día, resaltando la tendencia declinante surgida en 2008 a raíz de la recesión económica. En la región de Centro y América del Sur la demanda de petróleo presentó un incremento de 290 mil barriles día, correspondiente a un aumento de 4,7% respecto a 2011 y una tasa de crecimiento promedio anual de 2,5% en lo corrido del siglo. Esta región se ubica por encima de África, cuyo consumo es el más bajo de todos los territorios con 3,5 millones de barriles día, aumentando 180 mil barriles con respecto a 2011 y una tasa de crecimiento promedio de 3% en los doce años anteriores. La figura muestra la evolución del consumo mundial de petróleo, considerando las distintas áreas geográficas.

La región de Medio Oriente demandó un 3,5% más que en 2011, alcanzando una participación relativa en el total de 9,3%, con un consumo de 8,3 millones de barriles día y una tasa de crecimiento promedio año entre 2000/2012 de 4,2%. Los análisis indican que en el año 2012 los países OECD continuaron disminuyendo su demanda en 337 mil barriles día, correspondiente a una tasa de -0,7% comparado con lo ocurrido en 2011 y un crecimiento promedio anual entre 2000 - 2012 también negativa de -0,5%, mientras que los países No OECD tuvieron un incremento de 4,9% el último año, acumulando una tasa de crecimiento promedio año de 3,7% en lo corrido del siglo XXI, incremento superior al promedio mundial que llegó al 1,3% anual en el mismo período. La evolución del consumo de petróleo, entre los países industrializados y las demás economías en el ámbito mundial, indica que durante el 2012 el gasto redondeó los 90 millones de barriles día del aumento de 1,7 millones de barriles día sobre 2011, se destaca el ascenso de China con casi 500 mil barriles día, seguido

de Japón con aproximadamente 296 mil barriles día y luego India, con cerca de 180 mil barriles día que de manera conjunta con la región de Asia Pacífico sumó aproximadamente 1,4 millones de barriles día.

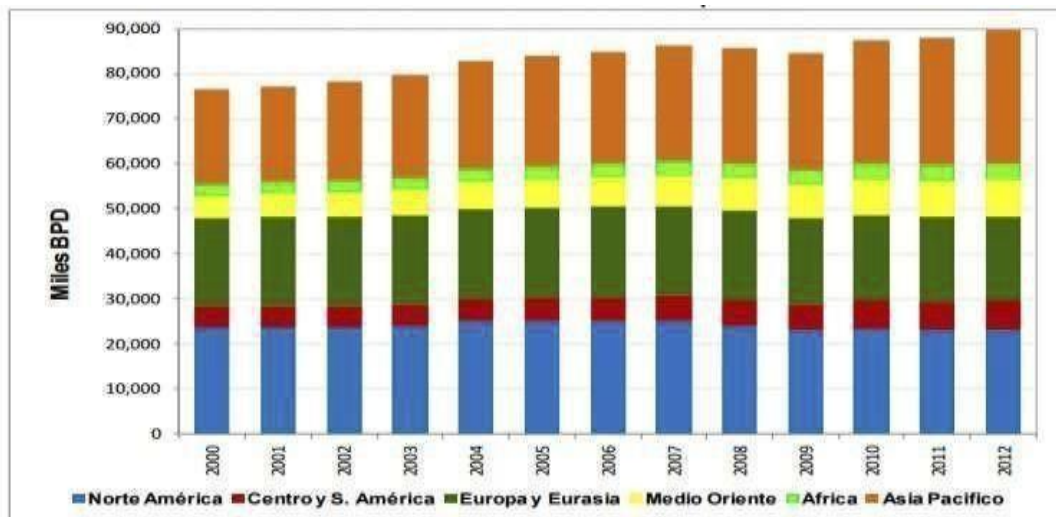


Fig. N° 32: Gráficos del consumo mundial de petróleo

Fuente: BP Statistical Review 2013

### 5.1.2 Panorama nacional

Debido a la escasez y baja calidad del crudo en el país, la empresa Repsol Perú importa la mayor parte de dicho insumo. Así, en el 2014, la empresa importó el 97.1% del crudo que procesó.

Las compras de crudo se realizan a través de Repsol Trading S.A. (RTSA), empresa que opera todas las compras del grupo Repsol a nivel mundial, por lo que obtiene ventajas comerciales. Refinería La Pampilla S.A. (Relapasa) contrata las compras de crudo.

Asimismo, establece las condiciones para el cálculo de precios, fechas de embarque y formas de pago más favorables. De esta manera, busca atenuar en lo posible la volatilidad del precio internacional del crudo.

RTSA se encuentra en capacidad de ofrecer a Relapa una

valorización especial del crudo, debido a las operaciones de cobertura y papeles que realiza en el mercado de futuros.

En el 2012, se incrementaron las cuentas por pagar a RTSA, puesto que la compañía reemplazó deuda financiera, debido a los mejores plazos ofrecidos por RTSA. Desde el 2013 se ha revertido parcialmente tal situación, por el vencimiento de los plazos de las cuentas por pagar. Así, a diciembre del 2014 las cuentas por pagar comerciales ascendieron a US\$97.8 millones (US\$138.8 Mill. en el 2013 y US\$184.7 Mill. en el 2012).

Adicionalmente al crudo, deben considerarse las importaciones de diesel 2 (con un máximo de 50 ppm de azufre) y biodiesel en la producción de destilados a partir de 2010, ya que entran como insumos y no como productos finales. Los anteriores, junto con los destilados MDBS, fueron los componentes de mayor participación en la importación de otras materias primas (87.9%), las cuales totalizaron 8.4 millones de barriles en el 2014. Durante el 2014, se procesaron 23.9 millones de barriles de crudo, volumen 7.4% superior al del 2013, como consecuencia del aumento en las ventas, a pesar de la inevitable importación de la totalidad de diésel de bajo azufre comercializado en una parte del país.

En el 2014, se incrementó el procesamiento de crudo Galeota, procedente de Trinidad y Tobago, lo cual disminuyó las compras de crudos africanos. Esto se vio reflejado en la participación de importaciones del continente africano, la cual disminuyó de 47.2 a 24.8% del 2013 al 2014, mientras que, en el mismo periodo, el crudo procedente de Trinidad y Tobago aumentó de 3.4% a 30.6%.

Ante este escenario, Refinería La Pampilla ejecutó una serie de acciones que permitieron alcanzar mejores resultados económicos:

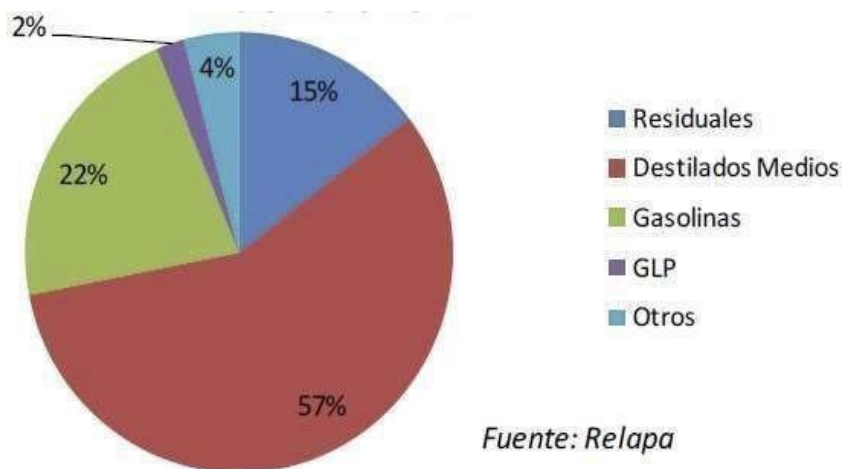
- i) consolidación del proyecto de gas natural en la refinería, que ha permitido desplazar residuales para exportación;
- ii) ampliación de la Planta de Asfaltos; y,
- iii) reducción de slop en operaciones portuarias en refinería.

En el 2014, la producción ascendió a 32.6 millones de barriles, 6.7% superior a la del 2013, debido principalmente al mayor volumen producido de gasolinas y destilados medios en 18.8 y 11.0%, respectivamente.

La capacidad promedio de utilización de la refinería en el 2014 fue 64.3%, superior al promedio alcanzado en el 2013 (59.4%). Cabe resaltar que la capacidad promedio de utilización se mide considerando las unidades de destilación primaria sobre la capacidad total de refino.

En el 2014, Relapa exportó el 22.8% del volumen de sus ventas (22.4% en el 2013). Las ventas totales de productos petrolíferos aumentaron en 2.5% respecto al 2013 (y ascendieron a 32.0 millones de barriles) lo cual tuvo como resultado un aumento de la cuota de mercado en 2% respecto al año previo, permitiendo alcanzar un 41.1% de participación.

Se incrementaron las ventas en 1.9%, y estuvieron compuestas principalmente por diesel, turbo y gasolinas (56.7, 17.8 y 17.9%, respectivamente).



Accionista principal	Refinería	Capacidad (BPD)	%
Petroperú	Talara	62,000	31.5%
	Conchán	15,500	7.9%
	Iquitos	10,500	5.3%
	El Milagro	1,700	0.9%
	Pucallpa*	3,300	1.7%
<b>Refinerías Privadas</b>			
Repsol	La Pampilla	102,000	51.8%
Pluspetrol	Shiviyacu	2,000	1.0%
<b>Total</b>		<b>197,000</b>	<b>100.0%</b>

Cuadro N° 20: Capacidad instalada de refinación

Fuente: Refinería La Pampilla S.A.

### 5.1.3. Estudio económico del proyecto

- La baja confiabilidad mecánica del horno 02H1 ocasionaba la degradación de 2400 lb/hr de crudo, lo cual genera la no producción de 1990 lb/hr de petróleo, equivalente a una pérdida real de US\$703.026.
- Las temperaturas de piel de tubo que se medirán en el horno estarán aproximadamente dentro de las ventanas diseñadas por el fabricante.

- Al implementar los quemadores la calidad de la llama se mejorará con los ajustes en apertura del aire primario en las diferentes secciones, lo que permitirá incrementar cargas sin violación de guías operacionales. Se incrementará un ahorro aproximado del 20% de combustible, con respecto a las condiciones del diseño.
- Se aumentará la carga en un 12% con respecto al diseño del fabricante.
- Se reducirá el tiempo de servicio aproximadamente en 6 días generando ganancias adicionales en ahorro de gas y mayor productividad.
- Se puede interpretar de los cuadros 14 y 15 que luego de las actividades de renovación del horno 02H1, la eficiencia ha superado en más de 5 %, es decir de 75.3% hasta 80.7 %. Por tanto se ha cumplido con el objetivo de aumentar la producción de derivados del petróleo en la Unidad de Destilación Primaria II.
- Al comparar los costos de la recuperación del horno con el desmantelamiento y construcción del mismo encontramos una diferencia del 372% lo que equivale en dólares americanos a \$10.962.163, cifra bastante significativa para la empresa Repsol S.A.

COSTOS MANO DE OBRA				
ITEM N°	DESCRIPCION		UNIDAD V	SUBTOTAL
1	CAMBIO TUBERIA SERPENTINESRADIACION	UN	89291036	89291036
2	CAMBIO DE CALENTADORES	UN	21000	21000
3	CAMBIO DE PRECALENTADORES AGUA DE CALDERAS	UN	20000	20000
4	CAMBIO SUPRACALENTADOR DEVAPOR	UN	21000	21000
5	CAMBIO DE PRECALENTADOR	UN	20000	20000
6	CAMBIO DE LAMINAS	m2	250	75000
7	CAMBIO DE QUEMADORES	UN	2500	150000
8	MANTENIMIENTO GENERAL	GB	76000	76000
9	LIMPIEZA MECANICA	m2	102	10200
10	LIMPIEZA SPONGE JET	m2	87	8700
11	APLICACIÓN DE PINTURA	m2	345	34500
12	PLACAS RADIOGRAFICAS	UN	98	2450
13	ALIVIOS TERMICOS	UN	130	5200
14	RETIRO DE AISLAMIENTO TERMICO	m	28	7000
15	INSTALACION DE AISLAMIENTO TERMICO	m	353	50250
16	EXCAVACIONES	m3	120	3000
17	RELLENO CON RECEBO	m3	240	2400
18	RETIRAR , APLICAR REFRACTARIO VACIADO	m2	650	50500
19	RETIRAR , APLICAR REFRACTARIO	m2	780	50000
20	ARMADO DE ANDAMIOS	m3	61	39400
21	HSE OPERATIVO	D	245	22050
22	SUPERVISOR	D	245	22050
23	AYUDANTE TECNICO	D	184	33210
24	METALMECANICO E-11	D	243	43830
25	SOLDADORES	D	243000	43870
26	REFRACTARISTAS	D	230000	40700
27	OBREROS	D	174500	31410
			TOTAL	90174756

Cuadro N° 21: Costo de mano de obra  
Fuente: Propia

TUBERIAS Y ACCESORIOS						
ITEM N°	DESCRIPCION		CODIGO UNIDAD	PRECIO	CANT.	COSTO
1	TUBE 108 ID X 7MSWG L=8700	608067	EA	611	8	4892
2	TUBE 108 ID X 7MSWG L=8100	60805	E	104	1	14658
3	TUBE 108 ID X 7MSWG L=8100	60809	E	170	6	10224
4	TUBE 108 ID X 7MSWG L=7600	60808	E	145	4	5804
5	TUBE 108 ID X 7MSWG L=500	60807	E	67	4	2688
6	RETURN BEND WITH SUPPORT LUG	66594	EA	889	1	10668
7	RETURN BEND WITH SUPPORT LUG	66595	EA	1102	7	7719
8	RETURN BEND WITH GUIDE TUBE	66596	EA	719	1	8628
9	RETURNBENDWITH GUIDETUBE & T. WCONN	66597	E A	2378	7	16648
10	RETURNBENDWITH GUIDETUBE & T. WCONN	66598	E A	1134	7	7942
11	CONCENTRIC REDUCER	66617	EA	1134	1	1134
12	"Y" PIECE	66613	EA	1034	3	3102
13	"Y" PIECE	66614	EA	878	1	878
14	THERMOWELLASSEMBLY SS 310	66624	EA	878	9	7902
15	TRANSFERLINE	66615	EA	2513	1	2513
16	QUMADORES J ZINK	475020 4	EA	589	1 1	64790
17	TRANSITION PIECE (BELLS)CAMPANAS	410285	EA	11798	1	11798
				<b>TOTAL</b>		

Cuadro N° 22: Costos de tuberías y accesorios

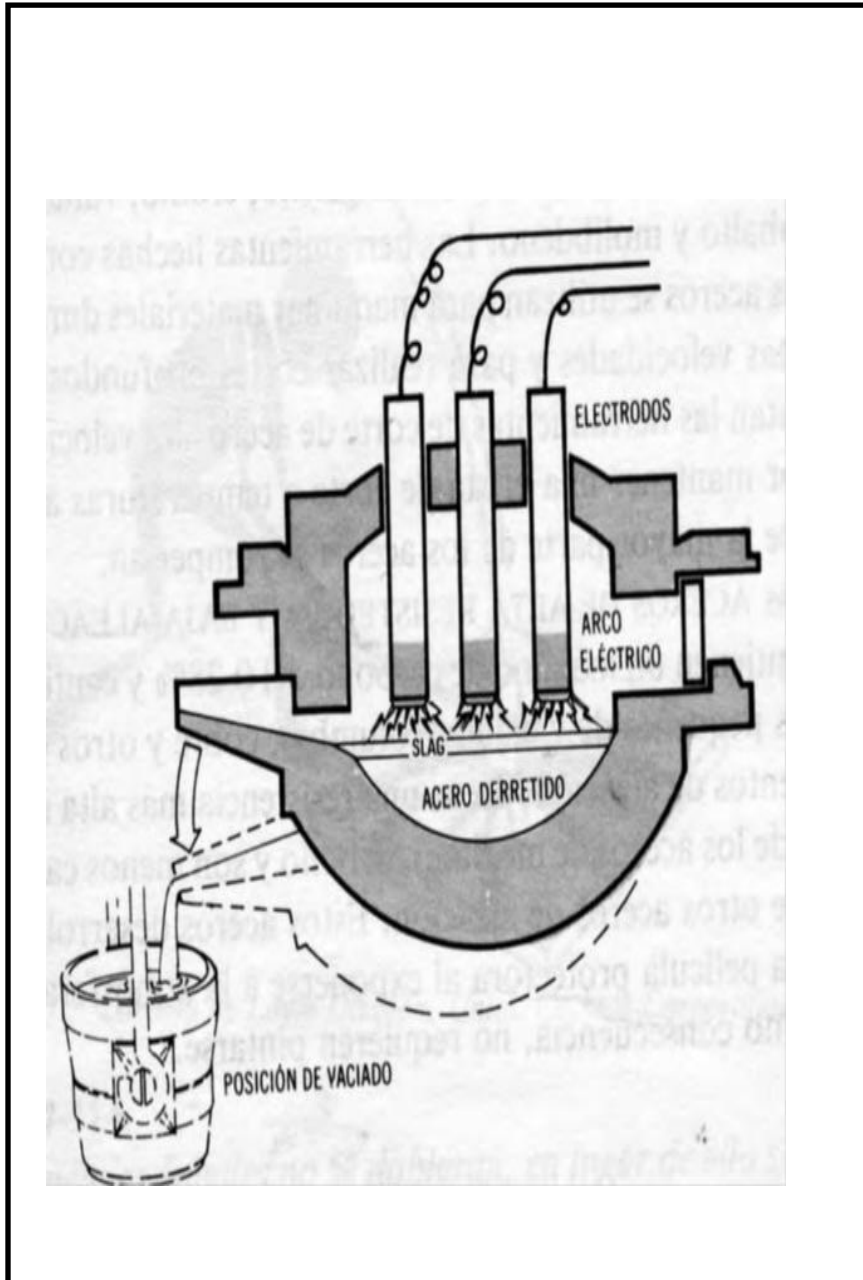
Fuente: Refinería La Pampilla S.A.





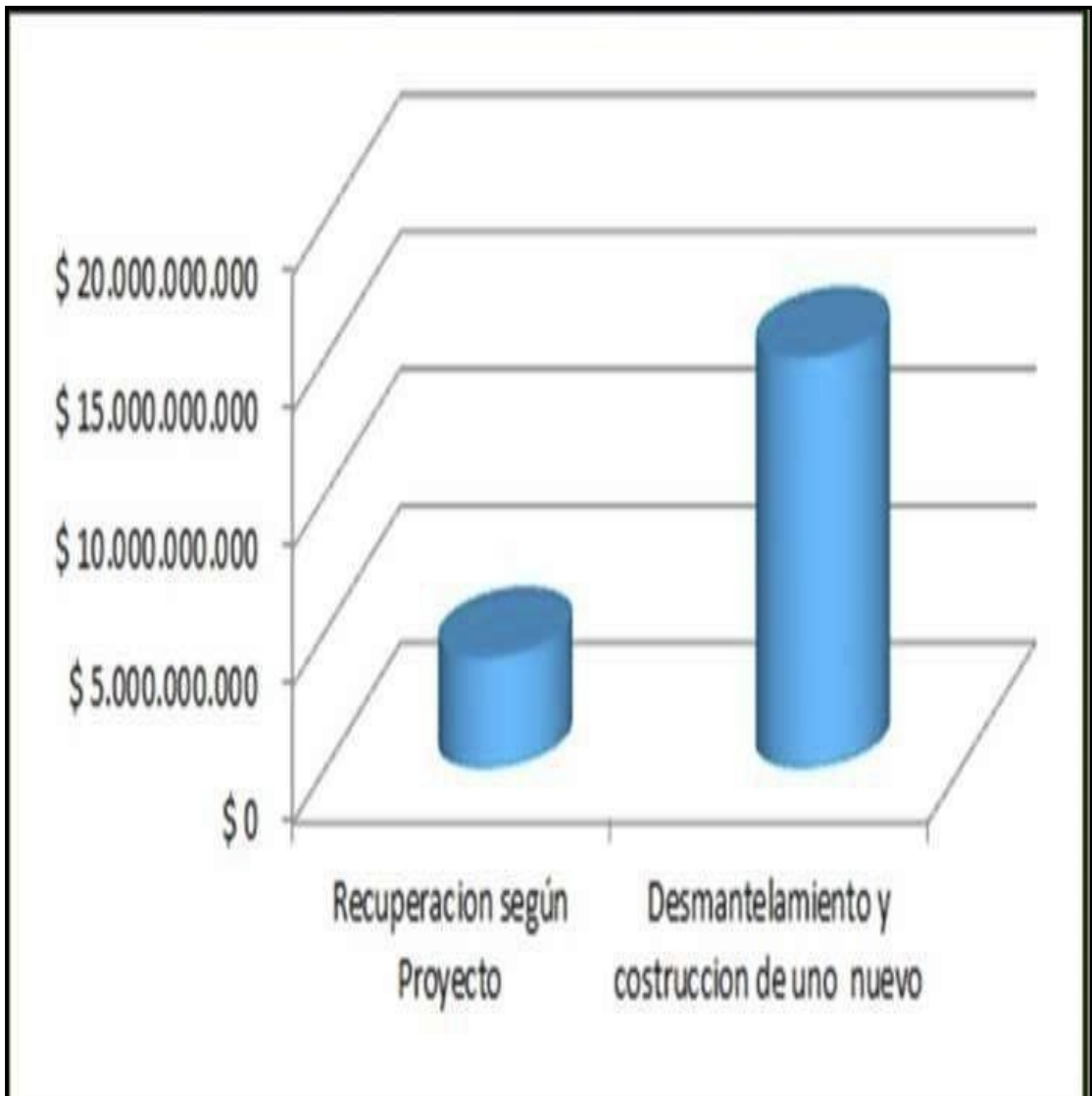
Cuadro N° 23: Eficiencia del Horno 02H1, carga de crudo y producción. Antes de las actividades de renovación.

Fuente: Sala de Control UDP, Refinería La Pampilla S.A.



Cuadro N° 24: Eficiencia del Horno 02H1, carga de crudo y producción. Después de la puesta en marcha.

Fuente: Sala de Control UDP, Refinería La Pampilla S.A.



Cuadro N° 25: Cuadro comparativo de recuperación versus construcción del horno 02H1.

Fuente: Refinería La Pampilla S.A.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Todos los procesos llevados a cabo en la renovación del horno 02H1, hicieron posible aumentar su eficiencia, que en condiciones operativas antes de la reparación fue de 74.6% y después de la puesta a punto es de un 79.8%, lo que nos demuestra un incremento de su eficiencia en un 5.2 %.
- Al restaurar el horno 02H1 se tuvieron que sustituir los serpentines dañados de la chimenea, de la zona convectiva, también del techo de la zona radiante con el montaje y desmontaje respectivo según las normas ASME B 31.3, ASTM A 370 y ASTM 110.
- Se logró prolongar la vida útil del horno 02h1 considerando dos áreas, la zona radiante y la zona de choque en 17,8 y 33,6 años respectivamente.

### 6.2.- Recomendaciones

- Se recomendó el cambio de serpentines, para mejorar la integridad mecánica del horno.
- Se tiene que realizar el cambio de quemadores, para mejorar la eficiencia energética del horno y así evitar daños a la piel de la tubería.
- Se necesita retirar el revestimiento del horno, debido a su deterioro provocado por el daño del refractario, el cual genera altas temperaturas a las láminas exteriores provocando daños estructurales.

- Se recomienda realizar limpieza mecánica, a los serpentines para aumentar la eficiencia de la transferencia de energía.
- Es necesario aplicar pintura resistente a altas temperaturas para proteger exteriormente el revestimiento del horno.
- Se debe instalar fibra cerámica según recomendación del fabricante y aplicar refractario en el piso del horno.

## VII. REFERENCIALES

- NAVA DOMINGO, José. Teoría de Mantenimiento Fiabilidad. Segunda Edición. Editado por Consejos de publicaciones de la Universidad de los Andes. Venezuela. 2001.
- BAUKAL, Charles E. “The John Zink Combustion Handbook”. USA. CRC press LLC. Fourth Edition.2001.
- TAVARES LOURIVAL. Administración Moderna del Mantenimiento. Primera Edición. Novo Polo Publicaciones. Brasil.2000.
- E. AVALLONE y T. BAUMEISSTER. Manual del Ingeniero Mecánico. Tercera Edición. McGraw Hill. México. 1995.
- VEGA ANGELES, Julio Enrique. “Optimización de los Procesos de Combustión del Horno Petrolero 311 - H1, para Mejorar su Eficiencia en la Refinería Iquitos-Petroperú”. Tesis de Grado. Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú.2014.
- VELIZ MAYA, Patricio. “Propuesta de Mejora a la Gestión del Servicio de Inspección de Equipos Estáticos y Rotatorios mediante Análisis de Causa Raíz” Grado de Maestro. Chile. Universidad del Bio Bio. 2013.
- PICHILINGUE, Víctor Niell. “Aplicación del Balance Scorecard al Mantenimiento de la Refinería de Iquitos Petroperú”. Tesis de Grado. Perú. Universidad Nacional del Callao.2012.
- PÉREZ HERNANDEZ, Víctor. “Identificación de los Escenarios de Riesgo en la Refinación de Petróleo”. Tesis de Grado. México. Universidad Nacional Autónoma de México.2012.

- BAYONA BAUTISTA, Alexander y NAVARRO CALDERON, Alexandra. “Implementación de Nuevas Tecnologías para la Limpieza de Hornos con Serpentes en Mantenimientos con Parada de Planta”. Grado de Maestro. Colombia. Universidad Industrial de Santander.2012.
- PERERO RODRIGUEZ, Julio Javier. “Análisis del Proceso Productivo de Energía con propuesta para optimizar el rendimiento en Hornos de Refinería”. Tesis de Grado. Ecuador. Universidad de Guayaquil.2011.
- LOPEZ PEREZ, Verónica Paulina y RAMIREZ MONTESDEOCA, Wilson Andrés. “Diseño de un Horno para Tratamiento Térmico del Rodete de la Turbina Francis”. Tesis de Grado. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.2011.
- MENA BRAVO, Jorfrank José. “Elaboración de Estrategias de Inspección y Mantenimiento para Equipos Estáticos Basadas en Riesgo”. Tesis de Grado. Venezuela. Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. 2010.
- CHERSIA AZCÁRATE, Alejandra Desireé. “Elaboración de Planes de Mantenimiento Basados en Riesgo de Equipos Estáticos en los Sistemas de Pre calentamiento, Calentamiento y Fraccionamiento de Crudo”. Tesis de Grado. Venezuela. Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. 2009.
- MARTINEZ CALDERON, Jesús Adolfo. “Propuestas para el Incremento de la Confiabilidad de los Equipos Críticos, basado

en un Análisis de Causa Raíz”. Tesis de Grado. Venezuela  
Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. 2009.

- UOP Honeywell Company. “Fired Heaters: Improving Safety, Reliability and Profitability”. CAREC: Lima.2007.
- INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. “Fired Heaters for General Refinery Service”. API 530. Sexta Edición USA. API 2008.
- INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. “Burners for Fire Heaters in General Refinery Services”. API 535.Tercera Edición .USA .API .2014.
- INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. “Instrumentation and Controls Systems for Fire Heaters and Steam Generators”. API 556.Segunda Edición. USA. API.2011.
- INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. “Fired Heaters for General Refinery Service”. API 560.Cuarta Edición. USA API.2007.
- INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. “Thermal Conductivity Measurements Study of Refractory Castables”. API 935.Primera Edición. USA .API. 1999.
- INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. “Refractory Installation Quality Control Guide Lines -Inspection and Testing Monolithic Refractory Lining and Materials”. API 936.Primera Edición. USA .API .1999.



- ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS. “Standard for Ovens and Furnaces”. NFPA 86. Primera Edición. U.S.A. NFPA. 2007.
- SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA. “Structural Welding Code - Steel”. AWS D1.1. Veintidosava Edición. U.S.A. AWS. 2010.
- SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS. “Process Piping”. ASME B 31.3. Segunda Edición. U.S.A. ASME.2011.

## VII. APÉNDICE, ANEXOS Y PLANOS

- Anexo A : Documentación de trabajos
- Anexo A-1 : Procedimiento de Calidad en el Horno 02H1
- Anexo A-2 : Procedimiento de permiso de trabajo de alto riesgo
- Anexo A-3: Formato charla de cinco minutos
- Anexo A-4: Formato de observación planeada
- Anexo A-5: Formato de reporte de ocurrencias
- Anexo A-6 : Permiso de trabajo en Frio
- Anexo A-7 : Permiso de trabajo en Caliente
- Anexo B : Plan de inspección del horno 02H1
- Plano A : Horno 02H1 vista elevación
- Plano B : Horno 02H1 vista planta
- Plano C : Horno 02H1 vista soporte de techo.




DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO

OBSERVACIONES:

REVISION	DESCRIPCION
0	EDICION INICIAL
1	
2	
3	
4	
5	

FECHA	PREPARADO	REVISADO	APROBADO	REV			
05/01/2015	Jorge Quispe	Millar Ruiz C	Luis Sánchez	0			
				1			
				2			
				3			
				4			
				5			


DISTRIBUIDO A	ENTIDAD	REV.0	REV.1	REV.2	REV.3	REV.4	REV.5

	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	Página 2 de 7
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015

## INDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. RESPONSABILIDADES.....	3
4. CONTENIDO.....	3
5. DOCUMENTOS A MANTENER.....	7
6. CORRESPONDENCIA.....	7
7. ANEXOS.....	7

PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	Página 3 de 7
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015

### 1. OBJETIVO

El presente documento tiene por finalidad establecer los procedimientos para desarrollar las actividades que involucran el desmontaje y montaje de serpentines de tubería en la zona radiante del Horno 02H1.

### 2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a los trabajos en desmontaje y montaje de serpentines de tubería.

### 3. RESPONSABILIDADES.

Es responsabilidad de la Dirección de la Obra suministrar a todos los niveles la documentación necesaria, actualizada para poder desarrollar el contenido de este procedimiento.

Es responsabilidad de la ejecución disponer de los medios necesarios para poder cumplir con lo que se indica en el presente procedimiento.

Es responsabilidad Calidad la vigilancia periódica de las operaciones, la realización de los ensayos e inspecciones y del mantenimiento de los registros de las comprobaciones e inspecciones.

### 4. CONTENIDO

#### 4.1 REQUISITOS PREVIOS

Verificar ubicación del equipo a intervenir, para definir las facilidades (equipos, herramientas a usar) y/o maniobra a realizar.


Se dispondrá un área demarcada e independiente, para los trabajos que involucren la actividad de desmontaje y montaje de serpentines de tubería en horno.

Apertura de PTF Y PTC:

El equipo será entregado por RELAPASAA drenado de producto y vaporizado.

Se instalarán los platos ciegos necesarios para aislar el equipo.

PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	Página 4 de 7
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015

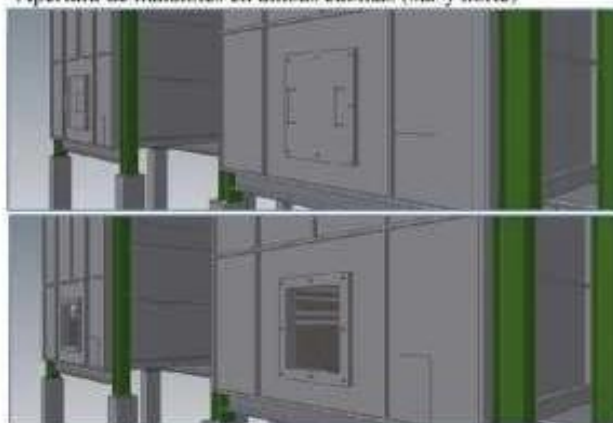
#### 4.2 PROCEDIMIENTO:

Estacionamiento de grúa en terreno estable y nivelado.

Maniobras de corte y desmontaje de plataformas (pasarelas y barandas) del panel de lado sur del horno.

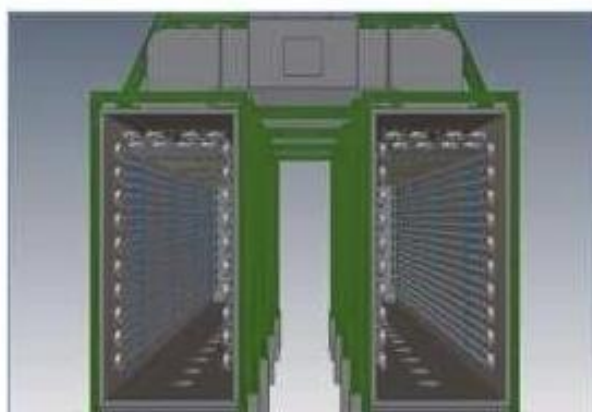
Colocación de andamios y apertura de entradas de hombres hacia la zona radiante del horno lado sur y norte.

Apertura de manholes en ambas cabinas (sur y norte)




Se instalarán en la parte interior de la zona radiante, iluminarias, extractores de polvo, andamios.

Liberación y desmontaje de la planchas del panel del lado sur de la zona radiante por medio corte de pernos.



PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	Página 5 de 7
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015

El desmontaje será en sentido de la parte inferior hacia la parte superior en paquetes de 4 tubos cada uno, con sus respectivos codos.

Para el desmontaje de los serpentines laterales, lados este y oeste, se arriostarán mediante ángulos de 2"x 1/4" apuntalado a los 4 tubos que conforman un paquete.

En la parte interior de la zona radiante, se colocará maniobras con teclas de 5Tn, tirfor de 3Tn, sujetando parte del serpentín ya cortado con arco eléctrico (chanfer) u oxicorte para su posterior desmontaje con el apoyo de la grúa telescópica.


El desmontaje de los paquetes de 4 tubos será en 3 tiempos, en los cuales se cambiará la posición de maniobra. Primero, se liberará el paquete de los soportes que lo sostienen en la pared retirándolo hacia para parte central de la cabina. Segundo, se procederá con el descenso del paquete hasta el nivel del piso del horno. Por último, con ayuda de la grúa telescópica se retirará el paquete fuera de la cabina, el material desmontado se colocará en un camión plataforma para transportar hacia zona habilitada.

#### Montaje de serpentín

El izaje se realizará con el apoyo de una grúa telescópica y elementos de izaje instalados en el interior de la zona radiante. El cual jalarán en sentido de norte a sur promoviendo que el mínimo de juntas a soldar se realicen en el interior del horno. La maniobra para el montaje, al igual que para el retiro, será en paquetes de 4 tubos arriostados y 3 codos de retorno en "U".

PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------



	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	Página 6 de 7
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015

Montaje de serpentín - Opción A:

Con las paredes laterales y la totalidad de sus soportes instalados, se procederá con la instalación de los serpentines en tres tiempos. Primero, con la grúa telescópica y maniobra desde el interior para introducir el paquete dentro de la cabina a nivel del suelo. Segundo, con maniobra desde los ductos que llevan a la zona convectiva se izará el paquete hasta llegar a la altura deseada. Por último, mediante 1 tirfor en cada extremo, anclado desde afuera se llevará el paquete a su pared correspondiente y se colocará sobre sus respectivos soportes.


Montaje de serpentín - Opción B:

En caso los soportes de los extremos no permitan el posterior montaje de los paquetes de 4 tubos, debido a su forma y tamaño. Es necesario que, previo al montaje, se cumplan las siguientes condiciones:

- No se instalen los soportes de los extremos, sur y norte, del serpentín (doble cola).
- No se aplique refractario en la zona donde se instalarán dichos soportes de doble cola.

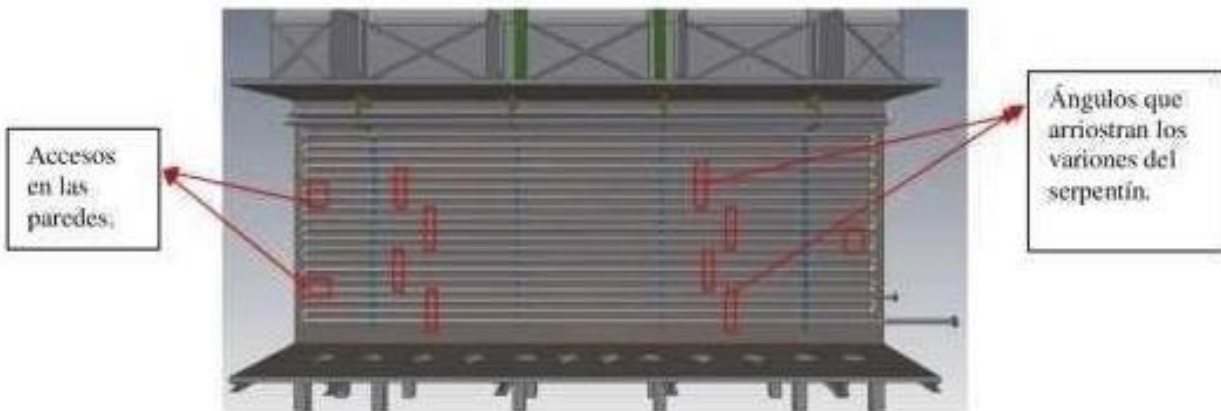
PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------



	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015

Soldadura de juntas:

Para las juntas de soldadura que se realicen en el interior de la Z.R. se dejarán accesos en las paredes de los lados oeste y este, para facilitar el soldeo, ensayos no destructivos e inspección.




Accesos en las paredes.

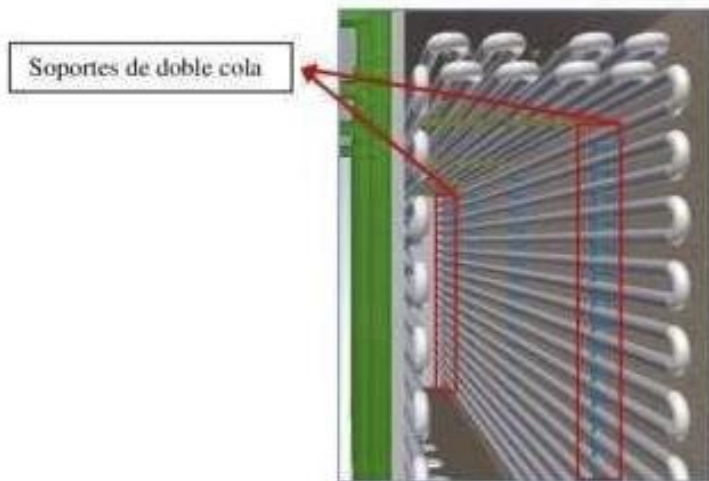
Ángulos que arriostan los variones del serpentín.

La etapa de la limpieza manual o mecánica es mediante escobillado y el soldeo se realizará de acuerdo con los criterios y parámetros establecidos por el WPS aplicable, el cual incluye precalentamiento controlado y tratamiento térmico de las mimas.

Las juntas la ejecutarán soldadores calificados.


PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015



Cuando los paquetes, una vez dentro del horno, alcancen la altura necesaria para su montaje serán jalados hacia su pared correspondiente por 02 equipos tirfor, desde afuera del horno. Se pasarán los cables a través de los agujeros dejados por los soportes de doble cola no instalados (agujeros pasantes para pernos). Cuando el paquete esté en posición se retirará el cable, se procederá con la instalación de los soportes y se dará pase al contratista encargado de la aplicación del material refractario para que cubra la base de los soportes recién instalados.

PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD	Fecha: 05/01/2015	Página 7 de 7
DESMONTAJE Y MONTAJE DE SERPENTINES DE TUBERÍA EN HORNO		Revisión: 0	Ref. : PO-01-2015

### Ensayos no destructivos

#### Inspección visual:

Se realizara de acuerdo con el procedimiento aplicable al 100% de las uniones soldadas.

#### Ensayo radiográfico:

Se realizaran ensayos radiográficos al 100% de las costuras antes y después del tratamiento térmico, y su criterio de evaluación será el indicado en ASME B31.3 capítulo V, pa de acuerdo al código y especificaciones aplicables y según los procedimientos específicos si lo requiera.

#### Tratamiento térmico:

Se realizará de acuerdo con el WPS aprobado al 100% de las uniones soldadas.

#### Ensayo de dureza:

Se realizará medición de dureza ala 100% de las uniones soldadas antes y después del tratamiento térmico.

El criterio de aceptación de los valores de dureza serán los indicados en EDB.02.00.01 tabla3 para las calidades de material utilizadas.

### Seguimiento y control

Tamoin, complementará la documentación necesaria que registre el seguimiento y control de los procesos aplicados.

### 5. DOCUMENTOS A MANTENER

Hoja se soldadura formato FC –PG-06.32-1y documentación referenciada en la misma.

### 6. CORRESPONDENCIA

ASME B31.3.  
ASME Sección V Artículo II  
ASTM A370  
ASTM E110

### 7. ANEXOS

N/A.

PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ.
----------------------------	-----------------------------	----------------------------



**Procedimiento de Permiso de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR)**

PR.SS.026

Rev.: 00

Pág. 1 de 7

**PROCEDIMIENTO DE PERMISO DE TRABAJO DE ALTO RIESGO (PETAR)**

	Preparó	Revisó	Aprobó
Firma:			
Nombre:	Jenny Matsusaka Supervisora SST	Miguel Cancha Jefe de Operaciones	Ernesto Vela Gerente General
Fecha:	31 de mayo del 2016	31 de mayo del 2016	31 de mayo del 2016



### 1. OBJETIVOS

El objetivo del presente procedimiento es dar a conocer los lineamientos mínimos a efecto de que los trabajos de alto riesgo se realicen bajo los parámetros establecidos por las normas jurídicas peruanas o normas internacionales pertinentes en ausencia de las anteriores.

### 2. ALCANCE

Es aplicable a todos los trabajos considerados de Alto Riesgo realizados por personal propio. Estos han sido definidos y clasificados de la siguiente manera:

Trabajos en altura.

Trabajos en espacios confinados.

Trabajos de Fumigación.

### DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Ley 29783 "Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo".

D.S. 005-2012-TR "Reglamento de la Ley 29783".

PR.SS.001 "Procedimiento para la Identificación de Peligros, Evaluación de los Riesgos".

### 3. ABREVIACIONES Y DEFINICIONES

**Trabajo:** Actividad relacionada a mantenimientos y/o servicios que se realizan en las instalaciones de nuestros clientes.


**AST:** Análisis de Seguridad del Trabajo. Se realiza de forma diaria con la finalidad de identificar los peligros, evaluarlos y poder controlarlos para reducir el nivel de riesgo.

**Atmósfera peligrosa:** Es aquel ambiente interno del espacio confinado en el cual se haya identificado alguna de las condiciones siguientes: que el porcentaje de oxígeno en el aire se encuentra fuera del rango de 19.5 y 23.5 %, el LEL es mayor 4% para trabajos en frío, el LEL es diferente de 0% para trabajos en caliente o que haya evidencia de la presencia de gases tóxicos

**EPP (Equipo de Protección Personal):** Son dispositivos, materiales, e indumentaria específicos e personales, destinados a cada trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos presentes en el trabajo que puedan amenazar su seguridad y salud. El EPP es una alternativa temporal, complementaria a las medidas preventivas de carácter colectivo

**Espacio confinado:** Es aquel lugar de área reducida o espacio con abertura limitada de entrada y salida constituido por maquinaria, tanque, tolvas o labores subterráneas; en el cual existe condiciones de alto riesgo, como falta de oxígeno, presencia de gases tóxicos u otros similares que requieren Permiso de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR).

**Permiso para Trabajos de Alto Riesgo (PETAR):**

	<b>Procedimiento de Permiso de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR)</b>	PR.SS.026
		Rev.: 00
		Pág. 3 de 7

Es un documento autorizado y firmado por el Supervisor del Trabajo que permite efectuar trabajos en zonas o ubicaciones que son peligrosas y consideradas de alto riesgo.

**Trabajo en altura:** Se considera trabajos en altura a todos los trabajos desarrollados a más de 1.80 m sobre el nivel del suelo.

#### 4. PROCEDIMIENTO

En el presente procedimiento se citan los lineamientos mínimos que deben cumplirse durante la ejecución de trabajos de alto riesgo, siendo importante precisar que el contenido incluido en el mismo son de expresa responsabilidad del ejecutar.

##### Trabajos en Altura

- Permiso Escrito para Trabajo de Alto Riesgo Altura (PETAR)

El Supervisor del Trabajo debe asegurar que todo Trabajo en Altura cuente con el PETAR, para ello, utilizará el formato PR.SS.026-FO.033, el cual no exonera la responsabilidad del llenado del Análisis de Trabajo Seguro (ATS).

- Todo Trabajo en Altura debe contar con un vigia permanente.
- Tener en cuenta que el PETAR tiene una validez por cada turno de trabajo (8 horas de trabajo por día) pudiéndose elaborar como máximo 2 permisos de trabajo por día.
- Siempre se debe mantener el PETAR en el área de trabajo. Asimismo, los registros de trabajos de alto riesgo, certificados de trabajo del personal competente para las actividades que se realizan y certificados de la maquinaria a emplear (en caso aplique).
- Se detendrá cualquier trabajo en altura, si las condiciones bajo las que se llenado del PETAR han cambiado. Se reiniciará el trabajo cuando se hayan restablecido las condiciones de seguridad y se cuente con un nuevo PETAR.
- El PETAR deberá ser llenado en campo y firmado por el Supervisor del Trabajo.



## Procedimiento de Permiso de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR)

PR.SS.026

Rev.: 00

### Equipo de Protección Personal

Todo personal que realice trabajos en altura deberá estar debidamente capacitado en uso de protección anticaídas.

Adicionalmente al uso del EPP básico, el trabajador debe usar obligatoriamente el siguiente equipo de protección personal para trabajos en altura:

Trabajos con riesgo de caída a diferente nivel: Arnés de cuerpo entero, línea de anclaje con absorbedor de impacto y casco con barbiquejo. Para distancias cortas de caída es necesario disponer de líneas de anclaje regulables (por esta razón es importante evaluar la distancia total de caída, antes de realizar dicha actividad).

No colgar ni asegurar herramientas u otros objetos al equipo de protección para trabajos en altura. Las herramientas u objetos deben ser izados o portados en cinturones portaherramientas.

El ejecutor del trabajo debe asegurar que los EPP anteriormente mencionados cumplan con lo establecido en el PR.SS.003: Procedimiento de Gestión de Equipos de Protección Personal.



#### **4.1 Elaboración del ATS**

El formato de Análisis de Trabajo Seguro (ATS) se debe llenar en forma diaria, siendo elaborado por los trabajadores que ejecutarán el trabajo y revisado por sus jefes inmediatos (Líder de equipo que ejecuta el trabajo, Supervisor del trabajo y Supervisor SST). Para ello, debe utilizarse el Formato de Análisis de Trabajo Seguro (PR.SS.025-FO.032).

En ella se indicarán los siguientes datos: Nombre del destacamento a quien se le brinda el servicio, la tarea a realizar, fecha, hora, N° de permiso de trabajo.

Asimismo se debe detallar la relación de los trabajadores y deben colocar la firma dando su conformidad a lo descrito en el ATS.

Además, debe considerarse lo siguiente:

##### **4.1.1 Descripción de las actividades o tareas del día:**

El análisis empieza con definir la actividad a realizar. En caso se realicen varias tareas dentro de una actividad, éstas deben ser detalladas con la finalidad de identificar todos los peligros, consecuencias y riesgos asociados a la actividad.

##### **4.1.2 Identificación de peligros y riesgos asociados**

Con relación a las actividades o tareas que realizarán, se identifican los peligros y sus respectivos riesgos asociados / consecuencias.

##### **4.1.3 Evaluación y valoración de riesgos**

Se evalúan los riesgos inherentes al trabajo, para ello se hace uso de los siguientes dos parámetros:

##### **Severidad de las consecuencias:**

Teniendo como opciones "Leve", "Moderado" "Grave" o "Catastrófico".

##### **Probabilidad de daño:**

Teniendo como opciones "Improbable", "Poco Probable", "Probable" o "Muy Probable". La valoración del riesgo es el resultado de ingresar los dos parámetros antes mencionados en el cuadro de doble entrada pudiendo obtener como resultado un valor "Poco Significativo", "Significativo", "Tolerable" o "Intolerable".

##### **4.1.4 Acciones Correctivas / Control de Riesgo:** Una vez evaluados los riesgos iniciales se establecerán las acciones correctivas y el control de los peligros. Es preciso señalar que, según el artículo 21 de la Ley N° 29783, el último método de control del riesgo es proporcionar los Equipos de Protección Personal (EPP).

Algunos ejemplos de acciones correctivas y de control de riesgos son:

- Colocación de señalización
- Charlas de 5 minutos
- Definir distancias de seguridad
- Supervisión
- Inspección de herramientas
- Inspección de los equipos, etc.



- Aplicación de procedimiento de bloqueo o tarjeteo
- Aplicación de procedimiento de espacios confinados
- Entre otros

El incumplimiento de las medidas preventivas especificadas en el ATS provocará la paralización del trabajo; indicando en el formato PETAR (Permiso de Trabajo de Riesgo) la hora y motivo de paralización por parte del área de SST o Rescate, comunicando inmediatamente lo ocurrido a la gerencia general.

**Criterios para la identificación de Peligros y Riesgos Asociados / Consecuencias:**

Cada actividad o tarea específica debe ser analizada con relación a los riesgos de accidentes de trabajo y enfermedad ocupacional propios a la actividad.

**En el área de trabajo (condiciones):**

Se verificará pisos y pasarelas: Observar el estado y nivel del piso, obstáculos, falta de espacio, falta de orden, limpieza de la zona, entre otros.

En el almacenamiento se deberá observar si se encuentran materiales mal ubicados, máquinas y/o equipos fuera de lugar, prácticas deficientes de almacenamiento, prácticas deficientes en la disposición de residuos, visibilidad del área, entre otros.

Identificar agentes nocivos para la salud en el ambiente de trabajo, como la presencia de vibraciones, ruido, iluminación, temperaturas extremas (de frío o calor), radiaciones ionizantes y no ionizantes, polvo, gases, vapores, entre otros.

**En los materiales u objetos:**

Observar sus propiedades físicas y químicas, si son de difícil manipuleo, puntiagudos, abrasivos, corrosivos, tóxicos, inflamables, entre otros. La información base podrían ser las Hojas de Datos de Seguridad de los Materiales (MSDS).

**En las máquinas y/o equipos**


Observar el estado de manipulación del equipo que involucren acciones de cortar, limpiar entre otras.

Observar el estado de las instalaciones eléctricas como tableros, conexiones, entre otros.

**En las prácticas o acciones de trabajo**

- Tratar de alcanzar algunas cosas que estén por encima.
- Colocar mano, pie y/o herramientas en un punto fuera del campo visual
- Fijar una posición donde fácilmente se pueda perder el equilibrio.
- Observar la posición peligrosa del trabajo: hombre - máquina.
- Observar la posición peligrosa de un trabajador con relación a los otros compañeros que están próximos.
- Observar la posición incorrecta del trabajador en el uso de una herramienta o de un objeto pesado.

**5. REGISTROS**

	<b>Procedimiento de Permiso de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR)</b>	PR.SS.026
		Rev.: 00
		Pág. 6 de 7

Formato Análisis de Trabajo Seguro (ATS)  
Formato de Permiso de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR)

## 6. RESPONSABILIDADES

Las responsabilidades se encuentran descritas en el punto 4 del presente procedimiento.

## 7. CIERRE DEL PERMISO DE TRABAJO

Las razones por la cual se debe cerrar un permiso de trabajo son:

1. Cuando se ha ejecutado por completo la actividad por la que se emitió el permiso de trabajo o cuando el permiso ha sido suspendido definitivamente por el Supervisor de SST. El encargado de ejecutar la actividad antes de cerrar el permiso asegurará que el área de trabajo quede en condiciones seguras y libres de desechos y materiales. El supervisor del trabajo verificará que las condiciones de seguridad, orden y aseo del área y dará por cerrado el respectivo permiso.

## 8. ANEXO

Formato PETAR.





PLAN DE INSPECCIÓN

Ref. : PI-12-2014

UNIDAD DE DESTILACIÓN PRIMARIA II – REFINERÍA LA PAMPILLA

**OBJETIVO:**

Realizar inspección de los equipos estáticos de la refinería La Pampilla, haciendo énfasis en los equipos con alta criticidad identificados en el RBI.

REVISION	COD.	EQUIPOS	
0	2.1	Horno, 02H1	
1	2.2	Torre atmosférica, D-2	
2	2.3	Tambor acumulador de gasolina, D-4	
3	2.4	Desalador, D-5	
4	2.5	Domo de vapor	
5	---	---	

FECHA	PREPARADO	REVISADO	APROBADO	R E V					
10/12/2014	Jorge Quispe.	Millar Ruiz	Luis Sánchez	0					
				1					
				2					
				3					
				4					
				5					

DISTRIBUIDO A	ENTIDAD	REV.0	REV.1	REV.2	REV.3	REV.4	REV.5



	<p style="text-align: center;">PLAN DE INSPECCIÓN</p>	<p style="text-align: right;">Ref. : PI-12-2014</p>
<p><b>UNIDAD DE DESTILACIÓN PRIMARIA II – REFINERÍA LA PAMPILLA</b></p>		

### 2.1 Horno 02H1

Se considera uno de los equipos más críticos para la inspección y para el proceso. Antes de la inspección, se requieren las siguientes actividades de reparación y mantenimiento:

- Instalación de andamios internos y externos para cambio de tubos en la zona de radiación, en la zona de choque y en la zona de generación de vapor.

- Instalación de la tubería de generación de vapor y conexión al sistema, incluye la conexión con el tambor de vapor y líneas de transferencia para atomización de combustible en el horno y para despojo en la torre D-2. La tubería con "studs" o "taches" de generación, está fabricada en un acero al carbono ASTM A-106 Grado B.

Para la unión soldada, deben utilizarse electrodos AWS E-7018 de bajo hidrógeno y el pase de raíz puede realizarse con electrodo AWS E-6010. Todas las soldaduras deben tener alivio de esfuerzos, con calentamiento a 200°C, posterior a la soldadura. Todas las uniones deben ser evaluadas por radiografía industrial X ó γ. El ejecutor de las radiografías debe suministrar los negativos con las indicaciones y un informe del estado de la unión soldada. El ICP, verificará el estado final de las uniones con tintas penetrantes o partículas magnéticas.

- Las líneas del sistema de vapor, se deben inspeccionar internamente para verificar que no posean incrustaciones ocasionadas por la dureza del agua sin tratamiento. Todas las líneas taponadas deben ser cambiadas. Se recomienda tener tubos disponibles en almacén para cambio o en su defecto, aplicar tratamiento químico de disolución con ácido cítrico al 10% de concentración y lavado posterior con agua para eliminación del ácido y residuos, hasta que el pH sea neutro. En la desincrustación de tubería de los intercambiadores se utiliza en algunos casos "hidrojet", el cual sería conveniente tenerlo disponible.

- Cambio de la tubería inferior de la zona de choque, que presentó bajo espesor en la inspección realizada en el 2009. Cambio del tubo T28 de la pared sur que presentó una fisura longitudinal en la misma inspección. El material de los tubos de la zona de radiación y de choque es de acero ferrítico ASTM A-335 P5 (5Cr - ½Mo). Los aceros ferríticos con contenidos altos de Cromo, requieren cuidados especiales para el corte y la soldadura:

- a) Para evitar cuarteo y fisuras, el corte se debe realizar en frío con un cortatubo o con disco, teniendo el cuidado de no sobrecalentar ni enfriar con agua. Estos materiales son autotemplables.

- b) Para soldar se debe precalentar suavemente hasta 200 °C. El pase de raíz se debe realizar con electrodo de diámetro fino 2-3 mm de bajo hidrógeno (AWS E-502-15), limpiando la escoria y óxidos de la superficie de aporte. Debe evitarse el sobrecalentamiento. Después de soldar, se requiere alivio de esfuerzos - PWHT. Para aceros ferríticos 5% Cr - ½ Mo, se requiere calentar a 100°C/hora hasta 710 – 740°C; sostener a esta temperatura por una hora y enfriar nuevamente a 100 °C / hora.

- c) Debe evitarse problemas adicionales como el desalineamiento entre la unión de accesorios y tubos, la falta o exceso de penetración que afecten la integridad del horno.

Se debe realizar inspección con tintas penetrantes y radiografía al 100% de uniones reparadas. El ejecutor de la radiografía debe entregar un reporte con los negativos e interpretación de las indicaciones.

- Para la eliminación de cenizas y sales depositadas en la tubería de la zona de convección, se requiere la recuperación y puesta en servicio de los deshollinadores. Se debe tener especial cuidado con la orientación de los orificios y su diámetro para que genere la presión necesaria y no afecte el refractario.

<p>PREPARADO:  JORGE QUISPE</p>	<p>REVISADO:  MILLAR RUIZ C.</p>	<p>APROBADO:  LUIS SANCHEZ.</p>
---	--	---



## UNIDAD DE DESTILACIÓN PRIMARIA II – REFINERÍA LA PAMPILLA

- Para la izada de tubería y reemplazo de tubos, se requiere la contratación de equipo especializado (grúa de 10 tons.) y equipo de soldadura y tratamientos térmicos en sitio (mantas de calentamiento o resistencias para el PWHT de soldaduras)
  - Se requiere que la bomba de suministro de combustible al horno sea independiente de la bomba de almacenamiento, con el objeto de tener mejor estabilidad en la combustión. Cada quemador debe tener su piloto, indicador de presión de combustible y de vapor de atomización. Por diseño, la presión de gas a pilotos es de 5 psig, la del combustible 60 psig y la del vapor de atomización de 120 psig.
  - Después de realizadas estas actividades, se procederá a la inspección de verificación. Por norma interna de seguridad, todo equipo de combustión debe poseer la instrumentación requerida: Para el horno, se requieren manómetros para medir la presión de entrada y salida del fluido, nos sirve para medir el grado de ensuciamiento o coquización de la tubería; termocuplas de piel en la tubería de radiación (dos al menos por cada pared lateral); medidor del porcentaje de oxígeno en los gases de combustión; manómetro en pulgadas de agua para medir la presión de tiro en el hogar; manómetros individuales para medir la presión de gas combustible a pilotos, presión del aceite a quemadores y del vapor de atomización. Todo quemador debe poseer detectores de llama. La instrumentación del horno debería estar conectada a un DCS, con alarmas visuales y sonoras de control de los parámetros operacionales.
  - Con la extracción del tubo de la zona de radiación, se verificará el grado de coquización interna de la tubería y se enviarán muestras para análisis de propiedades mecánicas y metalúrgicas en el ICP, que sirvan de referencia para estudios futuros de estimación de vida útil remanente de dichos componentes estructurales. En caso de coquización interna, se evaluará el procedimiento más adecuado de limpieza: decoquizado convencional "Steam Air Decoqing" o decoquizado mecánico.
  - En la parte externa, se inspeccionará el estado de recubrimientos, unión de accesorios, rodamientos y chumacera del damper, soportes y anclajes, estado de chimenea, escaleras y plataformas.
  - En la parte interna del horno, se hará énfasis en la inspección y el estado del refractario de la zona de radiación y convección, de la linealidad y estado superficial de tuberías, en la limpieza de cenizas y depósitos sobre las superficies metálicas, en el estado de los soportes y "tubesheets".
- Se inspeccionará el estado de hoyas de quemadores, boquillas y pilotos. En la zona de convección, se deben remover los residuos de refractario, cenizas y depósitos ubicados sobre la superficie de la tubería, sería conveniente el uso de una boquilla con aire a presión.
- Para la reparación de refractario, se recomienda el uso de CORAL 80 de ERECOS. Se puede aplicar en forma de mortero y como cemento sellante en pisos y paredes con refractario monolítico.
- En las tuberías de la zona de radiación, se verificará el espesor de algunas zonas, donde se evidencie golpe de llama o deformación. Se elegirán los ejes de calibración de espesores para inspecciones posteriores.
- Para la inspección del horno, se utilizarán las recomendaciones de las normas API-RP-530, 560.

PREPARADO: JORGE QUISPE	REVISADO: MILLAR RUIZ C.	APROBADO: LUIS SANCHEZ
----------------------------	-----------------------------	---------------------------

## INFORME DE INSPECCIÓN PLANEADA

N° \_\_\_\_\_

MES: \_\_\_\_\_

SI X

NO

GERENCIA	:	COMERCIAL	
DEPARTAMENTO DE OBRAS	:	SERVICIOS	
EMPRESA	:	TECSUR	
CONTRATISTA	:	PAMPILLA	
SECTOR	:		ORDEN:
Area o Equipo Inspeccionado	:		
Fecha de la Inspección	:		
Descripción del Trabajo	:		
Responsable del Trabajo	:		
Usó Lista de verificación	:	SI X	NO

N°	CONDICIONES SUB-ESTANDARES (PELIGRO)	Clasificación Peligro Ver (Nota 1)	Probabilidad Ocurrencia Ver (Nota 2)
1			

CAUSAS BASICAS (PROBLEMAS REALES)		N° de las condiciones Sub-Estandares
FACTORES  DEL  TRABAJO	Normas Inadecuadas de Trabajo	
	Diseño inadecuado	
	Mala especificación de compra	
	Mantenimiento Inadecuado	
	Uso Anormal	
	Desgaste Normal por el Uso	

N°	MEDIDAS DE CONTROL RECOMENDADAS Y/O APLICADAS	Situación Ver (Nota 3)
1		

INSPECCIÓN REALIZADA POR	REVISADO POR
Nombres y Apellidos:	Nombres y Apellidos:
Cargo:	Cargo:
Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:
Area: Pampilla/estaticos	

NOTAS:

1° Clasificación del peligro	A (alta) B (media) C (baja)
2° Probabilidad de ocurrencia	A (alta) B (media) C (baja)
3° Situación	A (pendiente) B (en ejecución) C (solucionada)





N°	
Año	

### 1 DE LA EMPRESA CONCESIONARIA / AUTORIZADA

1.01	Razón Social	Generación ( ) Transmisión ( )
1.02	Domicilio Legal	Distribución ( )

### 2 DEL ACCIDENTE

2.01	Fecha:	Hora:
2.03	Distrito, Provincia, Departamento:	
2.04	Dirección y/o instalación donde se produjo el accidente:	
2.05	Tipo Daño:	A la persona ( ) Materiales y/o Impacto la medio ambiente ( ) Ambos ( )

### 3 ACCIDENTE CON DAÑO A LA PERSONA

3.01	Descripción:			
	<b>Capataz/Encargado:</b>	<b>Supervisor Tecsur:</b>	<b>Supervisor Cliente:</b>	<b>SST:</b>
3.02	Nombre y Apellido:	Edad:	DNI / CE:	
3.03	Relación con la entidad:	Propio ( )	Contratista ( )	Terceros ( )
3.04	Magnitud del accidente	Leve ( )	Incapacitante ( )	Mortal ( )
3.05	Parte del cuerpo afectado:			
3.06	Ocupación / Título de puesto:	Antigüedad (Años/meses):		

### 4 DEL CONTRATISTA

4.01	Razón Social:	Domicilio legal:
4.02	Teléfono:	Fax:

### 5 ACCIDENTE CON DAÑOS MATERIALES Y/O IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE

5.01	Daño producido:	Leve ( )	Grave ( )
5.02	Edificación:		
5.03	Herramientas:		
5.04	Equipo fijo:		
5.05	Materiales:		
5.06	Otros:		

### 6 DEL REPORTE

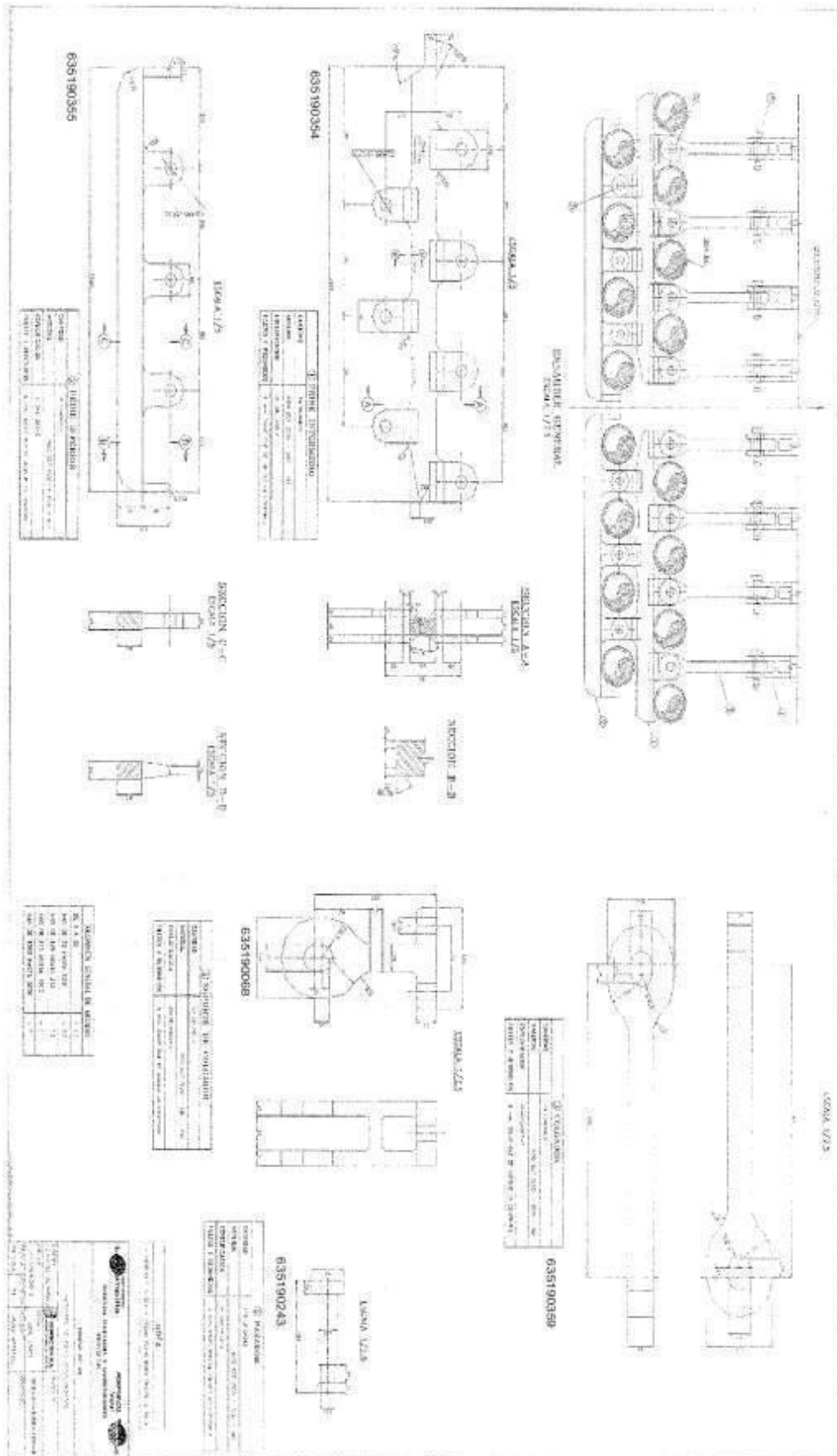
6.01	Fecha de emisión:	.....
6.02	Del Representante del Comité de Seguridad:	
6.03	Nombre y Apellidos: .....	Firma:
6.04	D.N.I. / L.E. / C.E. : .....	

Nota:


**1. En el caso de mas de un lesionado se repetirá el ítem 4 del formato el número de veces que sea necesario**











Permiso de Trabajo en Frio (PTF)

 Refinería la Pampilla		<b>E</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Área Solicitante EQUIPOS ESTÁTICOS	SOLICITANTE (Nombre y apellidos) ORDÓÑEZ ZUÑIGA, CARLOS SALVADOR	CODIGO R101970	PT Nº 201608277 Orden Trabajo: 311593																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Descripción del trabajo: CAMBIO DE MANGUERA DE RECUPERADOR DE GASES (A MEJORA MEGUERA ESTA ROTA)		UNIDAD 155 Equipo 361SL4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Equipos de trabajo y herramientas + Herramientas manuales																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Productos químicos a emplear																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Empresa Ejecutante TAMOIN	RESPONSABLE DE EJECUCIÓN (Nombre y apellidos) CESAR FIGUEROA		DNI / Código 16639709																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Área Autorizante OPERACIONES	PT preparado por (Nombre y apellidos) OSCAR EDUARDO SANTAMARÍA ABAD		Código R102424																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<b>Medidas a tomar para la realización del trabajo</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Otros trabajos que condicionan este permiso																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Entrada en espacios confinados:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Cegado:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Otros:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Condiciones del equipo</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>N/P</th> <th>Realizado</th> <th>Comprobado</th> <th>Condiciones del entorno</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>N/P</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - Desenergizado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>22 - Neutralizados riesgos por proximidad</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 - Despresurizado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>24 - Zona / Instalación protegida con: + Señalamientos</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>PU30330</td> </tr> <tr> <td>3 - Líquidos purgados</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>Condiciones del trabajo</b></td> </tr> <tr> <td>4 - Aislado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>27 - Riesgo de caída de Objetos</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>PU30330</td> </tr> <tr> <td>5 - Cegado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>+ Señalamientos + Herramientas (mantener en cajas)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 - Vaporizado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>28 - Trabajo en altura</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>PU30330</td> </tr> <tr> <td>7 - Nitrógeno</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>+ Andamios + Arnes de seguridad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8 - Lavado con</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>Protección personal</b></td> </tr> <tr> <td>9 - Neutralizado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>31 - Protección corporal especial</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10 - Degasificado y arado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>32 - Protección respiratoria</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>PU30330</td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 11 - El equipo puede contener ..... El equipo contiene ..... Condiciones actuales: Presión: _____ Kg/cm2 Temperatura: _____ °C + Señalamientos             </td> <td colspan="4">                 + Mascara filtro gases             </td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 12 - Equipos C.I. Fuera de Servicio             </td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>Enterado de otras Áreas</b></td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 13 - Tráfico, Corte de calles, Red C.I.             </td> <td colspan="4"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Fecha</th> <th>hora</th> <th>Código</th> <th>Responsable</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 16 - Tarjetas y Candados de Enclavamiento Eléctrico             </td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>Enterado del Responsable de Ejecución</b></td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 17 - Tarjetas/Precintos de Bloqueo Mecánico             </td> <td colspan="4">                 Entiendo y acepto las medidas de prevención indicadas en este P.T. y las transmito a los ejecutantes del trabajo.             </td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 18 - Candados de Bloqueo Mecánico ÁREA AUTORIZANTE: _____ EJECUTANTE: _____             </td> <td colspan="4">                 Firma: _____ Fecha: 10/05/2016 09:57             </td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 40 - Medidas complementarias y comentarios             </td> <td colspan="4">                 33 - Detecciones ambientales: Modo: No es necesario detección. Factores:             </td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><b>Renovaciones y Suspensiones</b></td> <td colspan="4"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Fecha/hora</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desde: _____ Hasta: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 Autorización de Permiso de Trabajo             </td> <td colspan="4">                 Periodo de validez             </td> </tr> <tr> <td colspan="3">                 Autorizante: Nombre y apellidos JOSE DOLORES CASANOVA AGURTO             </td> <td colspan="2">                 Código PU30320             </td> <td colspan="2">                 Desde las 09:57 horas del día 10/05/2016 Hasta las 18:00 horas del día 10/05/2016             </td> <td colspan="2">                 Documento impreso por: Código: PU30330 Fecha/hora: 10/05/2016: 10:19             </td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><b>Cancelación anticipada</b></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>Hora:</td> <td>Área:</td> <td colspan="3">Motivo:</td> <td colspan="4">Código:</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><b>Finalización</b></td> <td colspan="2">Código / DNI</td> <td colspan="2">Fecha/hora</td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 Este permiso queda automáticamente cancelado una vez firmada la finalización por Ejecutante y Autorizante             </td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Firma ejecutante</td> <td colspan="2">Ejecutante:</td> <td colspan="2">Trabajo finalizado e instalación a disposición del Autorizante</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Operador de campo:</td> <td colspan="2">Zona limpia / ordenada y en condiciones de seguridad: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Autorizante:</td> <td colspan="2">Equipo/Circuito disponible para su puesta en servicio</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>				Condiciones del equipo	Si	No	N/P	Realizado	Comprobado	Condiciones del entorno	Si	No	N/P	Comprobado	1 - Desenergizado			<input checked="" type="checkbox"/>			22 - Neutralizados riesgos por proximidad			<input checked="" type="checkbox"/>		2 - Despresurizado			<input checked="" type="checkbox"/>			24 - Zona / Instalación protegida con: + Señalamientos	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330	3 - Líquidos purgados			<input checked="" type="checkbox"/>			<b>Condiciones del trabajo</b>				4 - Aislado			<input checked="" type="checkbox"/>			27 - Riesgo de caída de Objetos	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330	5 - Cegado			<input checked="" type="checkbox"/>			+ Señalamientos + Herramientas (mantener en cajas)					6 - Vaporizado			<input checked="" type="checkbox"/>			28 - Trabajo en altura	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330	7 - Nitrógeno			<input checked="" type="checkbox"/>			+ Andamios + Arnes de seguridad					8 - Lavado con			<input checked="" type="checkbox"/>			<b>Protección personal</b>				9 - Neutralizado			<input checked="" type="checkbox"/>			31 - Protección corporal especial			<input checked="" type="checkbox"/>		10 - Degasificado y arado			<input checked="" type="checkbox"/>			32 - Protección respiratoria	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330	11 - El equipo puede contener ..... El equipo contiene ..... Condiciones actuales: Presión: _____ Kg/cm2 Temperatura: _____ °C + Señalamientos						+ Mascara filtro gases				12 - Equipos C.I. Fuera de Servicio						<b>Enterado de otras Áreas</b>				13 - Tráfico, Corte de calles, Red C.I.						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Fecha</th> <th>hora</th> <th>Código</th> <th>Responsable</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Área	Fecha	hora	Código	Responsable						16 - Tarjetas y Candados de Enclavamiento Eléctrico						<b>Enterado del Responsable de Ejecución</b>				17 - Tarjetas/Precintos de Bloqueo Mecánico						Entiendo y acepto las medidas de prevención indicadas en este P.T. y las transmito a los ejecutantes del trabajo.				18 - Candados de Bloqueo Mecánico ÁREA AUTORIZANTE: _____ EJECUTANTE: _____						Firma: _____ Fecha: 10/05/2016 09:57				40 - Medidas complementarias y comentarios						33 - Detecciones ambientales: Modo: No es necesario detección. Factores:				<b>Renovaciones y Suspensiones</b>						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Fecha/hora</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desde: _____ Hasta: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Fecha/hora	Si	No	Comprobado	Desde: _____ Hasta: _____				Autorización de Permiso de Trabajo						Periodo de validez				Autorizante: Nombre y apellidos JOSE DOLORES CASANOVA AGURTO			Código PU30320		Desde las 09:57 horas del día 10/05/2016 Hasta las 18:00 horas del día 10/05/2016		Documento impreso por: Código: PU30330 Fecha/hora: 10/05/2016: 10:19		<b>Cancelación anticipada</b>										Fecha:	Hora:	Área:	Motivo:			Código:				<b>Finalización</b>						Código / DNI		Fecha/hora		Este permiso queda automáticamente cancelado una vez firmada la finalización por Ejecutante y Autorizante										Firma ejecutante		Ejecutante:		Trabajo finalizado e instalación a disposición del Autorizante								Operador de campo:		Zona limpia / ordenada y en condiciones de seguridad: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>								Autorizante:		Equipo/Circuito disponible para su puesta en servicio					
Condiciones del equipo	Si	No	N/P	Realizado	Comprobado	Condiciones del entorno	Si	No	N/P	Comprobado																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1 - Desenergizado			<input checked="" type="checkbox"/>			22 - Neutralizados riesgos por proximidad			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
2 - Despresurizado			<input checked="" type="checkbox"/>			24 - Zona / Instalación protegida con: + Señalamientos	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3 - Líquidos purgados			<input checked="" type="checkbox"/>			<b>Condiciones del trabajo</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4 - Aislado			<input checked="" type="checkbox"/>			27 - Riesgo de caída de Objetos	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5 - Cegado			<input checked="" type="checkbox"/>			+ Señalamientos + Herramientas (mantener en cajas)																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
6 - Vaporizado			<input checked="" type="checkbox"/>			28 - Trabajo en altura	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7 - Nitrógeno			<input checked="" type="checkbox"/>			+ Andamios + Arnes de seguridad																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
8 - Lavado con			<input checked="" type="checkbox"/>			<b>Protección personal</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
9 - Neutralizado			<input checked="" type="checkbox"/>			31 - Protección corporal especial			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
10 - Degasificado y arado			<input checked="" type="checkbox"/>			32 - Protección respiratoria	<input checked="" type="checkbox"/>			PU30330																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
11 - El equipo puede contener ..... El equipo contiene ..... Condiciones actuales: Presión: _____ Kg/cm2 Temperatura: _____ °C + Señalamientos						+ Mascara filtro gases																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
12 - Equipos C.I. Fuera de Servicio						<b>Enterado de otras Áreas</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
13 - Tráfico, Corte de calles, Red C.I.						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Fecha</th> <th>hora</th> <th>Código</th> <th>Responsable</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Área	Fecha	hora	Código	Responsable																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Área	Fecha	hora	Código	Responsable																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
16 - Tarjetas y Candados de Enclavamiento Eléctrico						<b>Enterado del Responsable de Ejecución</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
17 - Tarjetas/Precintos de Bloqueo Mecánico						Entiendo y acepto las medidas de prevención indicadas en este P.T. y las transmito a los ejecutantes del trabajo.																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
18 - Candados de Bloqueo Mecánico ÁREA AUTORIZANTE: _____ EJECUTANTE: _____						Firma: _____ Fecha: 10/05/2016 09:57																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
40 - Medidas complementarias y comentarios						33 - Detecciones ambientales: Modo: No es necesario detección. Factores:																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>Renovaciones y Suspensiones</b>						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Fecha/hora</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desde: _____ Hasta: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Fecha/hora	Si	No	Comprobado	Desde: _____ Hasta: _____																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Fecha/hora	Si	No	Comprobado																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Desde: _____ Hasta: _____																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Autorización de Permiso de Trabajo						Periodo de validez																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Autorizante: Nombre y apellidos JOSE DOLORES CASANOVA AGURTO			Código PU30320		Desde las 09:57 horas del día 10/05/2016 Hasta las 18:00 horas del día 10/05/2016		Documento impreso por: Código: PU30330 Fecha/hora: 10/05/2016: 10:19																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>Cancelación anticipada</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Fecha:	Hora:	Área:	Motivo:			Código:																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>Finalización</b>						Código / DNI		Fecha/hora																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Este permiso queda automáticamente cancelado una vez firmada la finalización por Ejecutante y Autorizante																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Firma ejecutante		Ejecutante:		Trabajo finalizado e instalación a disposición del Autorizante																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Operador de campo:		Zona limpia / ordenada y en condiciones de seguridad: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Autorizante:		Equipo/Circuito disponible para su puesta en servicio																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	



## Permiso de Trabajo en Caliente (PTC)

 Refinería la Pampilla		<b>E</b>																																																																																							
<b>Área Solicitante</b> EQUIPOS ESTÁTICOS	<b>SOLICITANTE (Nombre y apellidos)</b> ORDÓÑEZ ZUÑIGA, CARLOS SALVADOR	<b>CÓDIGO</b> R101970	<b>PT N°</b> 201606946 <b>Orden Trabajo:</b> 511308																																																																																						
<b>Descripción del trabajo:</b> MONTAJE DE ACCESORIOS: OLLA, CARRETE, CABEZAL (FLOTANTE), HAZ DE TUBOS		<b>UNIDAD</b> 43 <b>Equipo</b> 43G1A																																																																																							
<b>Equipos de trabajo y herramientas</b> - Andamio																																																																																									
<b>Productos químicos a emplear</b>																																																																																									
<b>Empresa Ejecutante</b> TAMCOIN	<b>RESPONSABLE DE EJECUCIÓN (Nombre y apellidos)</b> OSCAR LOZANO	<b>DNI / Código</b> 21212121																																																																																							
<b>Área Autorizante</b> ENERGIA	<b>PT preparado por (Nombre y apellidos)</b> DÍAZ ZUMAETA, YURI	<b>Código</b> PU11504																																																																																							
<b>Medidas a tomar para la realización del trabajo</b>																																																																																									
<b>Otros trabajos que condicionan este permiso</b>																																																																																									
<b>Entrada en espacios confinados:</b> Cegado: Otro:																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Condiciones del equipo</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>N/P</th> <th>Realizado</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.- Desenergizado + Matz Eléctico</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>RY10857</td> <td>R102420</td> </tr> <tr> <td>2.- Despresurizado</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>R102414</td> <td>R102420</td> </tr> <tr> <td>3.- Líquidos purgados</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>R102414</td> <td>R102420</td> </tr> <tr> <td>4.- Aislado + Bloques señalizados con tarjeta (presión)</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>R102414</td> <td>R102420</td> </tr> <tr> <td>5.- Cegado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.- Vaporizado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7.- Nitrogenado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.- Lavado con:</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.- Neutralizado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10.- Desoxigenado y aislado</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del equipo	Si	No	N/P	Realizado	Comprobado	1.- Desenergizado + Matz Eléctico	<input checked="" type="checkbox"/>			RY10857	R102420	2.- Despresurizado	<input checked="" type="checkbox"/>			R102414	R102420	3.- Líquidos purgados	<input checked="" type="checkbox"/>			R102414	R102420	4.- Aislado + Bloques señalizados con tarjeta (presión)	<input checked="" type="checkbox"/>			R102414	R102420	5.- Cegado			<input checked="" type="checkbox"/>			6.- Vaporizado			<input checked="" type="checkbox"/>			7.- Nitrogenado			<input checked="" type="checkbox"/>			8.- Lavado con:			<input checked="" type="checkbox"/>			9.- Neutralizado			<input checked="" type="checkbox"/>			10.- Desoxigenado y aislado			<input checked="" type="checkbox"/>			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Condiciones del entorno</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>N/P</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>21.- Neutralizados rasgos en un radio de 15 m.</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>23.- Zona / Instalación protegida con: + Extintores</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>R102420</td> </tr> <tr> <td>26.- Se efectúa alguna operación que provoque riesgo adicional</td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del entorno	Si	No	N/P	Comprobado	21.- Neutralizados rasgos en un radio de 15 m.			<input checked="" type="checkbox"/>		23.- Zona / Instalación protegida con: + Extintores	<input checked="" type="checkbox"/>			R102420	26.- Se efectúa alguna operación que provoque riesgo adicional		<input checked="" type="checkbox"/>		
Condiciones del equipo	Si	No	N/P	Realizado	Comprobado																																																																																				
1.- Desenergizado + Matz Eléctico	<input checked="" type="checkbox"/>			RY10857	R102420																																																																																				
2.- Despresurizado	<input checked="" type="checkbox"/>			R102414	R102420																																																																																				
3.- Líquidos purgados	<input checked="" type="checkbox"/>			R102414	R102420																																																																																				
4.- Aislado + Bloques señalizados con tarjeta (presión)	<input checked="" type="checkbox"/>			R102414	R102420																																																																																				
5.- Cegado			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
6.- Vaporizado			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
7.- Nitrogenado			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
8.- Lavado con:			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
9.- Neutralizado			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
10.- Desoxigenado y aislado			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
Condiciones del entorno	Si	No	N/P	Comprobado																																																																																					
21.- Neutralizados rasgos en un radio de 15 m.			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
23.- Zona / Instalación protegida con: + Extintores	<input checked="" type="checkbox"/>			R102420																																																																																					
26.- Se efectúa alguna operación que provoque riesgo adicional		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Condiciones del trabajo</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>N/P</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>27.- Riesgo de caída de Objetos + Balzamientos</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>R102420</td> </tr> <tr> <td>28.- Trabajo en altura + Andamio + Arnes de seguridad + Línea de vida</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>R102420</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del trabajo	Si	No	N/P	Comprobado	27.- Riesgo de caída de Objetos + Balzamientos	<input checked="" type="checkbox"/>			R102420	28.- Trabajo en altura + Andamio + Arnes de seguridad + Línea de vida	<input checked="" type="checkbox"/>			R102420	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Protección personal</th> <th>Si</th> <th>No</th> <th>N/P</th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31.- Protección corporal especial</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>32.- Protección respiratoria</td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Protección personal	Si	No	N/P	Comprobado	31.- Protección corporal especial			<input checked="" type="checkbox"/>		32.- Protección respiratoria			<input checked="" type="checkbox"/>																																																									
Condiciones del trabajo	Si	No	N/P	Comprobado																																																																																					
27.- Riesgo de caída de Objetos + Balzamientos	<input checked="" type="checkbox"/>			R102420																																																																																					
28.- Trabajo en altura + Andamio + Arnes de seguridad + Línea de vida	<input checked="" type="checkbox"/>			R102420																																																																																					
Protección personal	Si	No	N/P	Comprobado																																																																																					
31.- Protección corporal especial			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
32.- Protección respiratoria			<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																						
<b>11.- El equipo puede contener AIRE</b> El equipo contiene ..... Condiciones actuales: Presión: ..... Kg/cm2 Temperatura: ..... °C + SM R16300		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enterado de otras Áreas</th> </tr> <tr> <th>Área</th> <th>Fecha</th> <th>Hora</th> <th>Código Responsable</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Enterado de otras Áreas				Área	Fecha	Hora	Código Responsable																																																																														
Enterado de otras Áreas																																																																																									
Área	Fecha	Hora	Código Responsable																																																																																						
<b>12.- Equipos C.I. Fuera de Servicio</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enterado del Responsable de Ejecución</th> </tr> <tr> <th>Entiendo y acepto las medidas de prevención indicadas en este P.T. y las transmito a los ejecutantes del trabajo.</th> <th>Firma</th> <th colspan="2"> </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td></td> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Fecha: 28/04/2016 07:58</td> <td colspan="2"> </td> </tr> </tbody> </table>		Enterado del Responsable de Ejecución				Entiendo y acepto las medidas de prevención indicadas en este P.T. y las transmito a los ejecutantes del trabajo.	Firma								Fecha: 28/04/2016 07:58																																																																								
Enterado del Responsable de Ejecución																																																																																									
Entiendo y acepto las medidas de prevención indicadas en este P.T. y las transmito a los ejecutantes del trabajo.	Firma																																																																																								
																																																																																									
	Fecha: 28/04/2016 07:58																																																																																								
<b>13.- Tráfico, Corte de calles, Red C.I.</b>		<b>33.- Detecciones ambientales:</b> Modo: Inicial. Factores: Explosividad																																																																																							
<b>14.- Certificado de Inspección</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fecha/Hora</th> <th>Expl (% LEI)</th> <th> </th> <th> </th> <th> </th> <th> </th> <th>Comprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>28/04/2016 08:25</td> <td>0</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td>R102420</td> </tr> </tbody> </table>		Fecha/Hora	Expl (% LEI)					Comprobado	28/04/2016 08:25	0					R102420																																																																								
Fecha/Hora	Expl (% LEI)					Comprobado																																																																																			
28/04/2016 08:25	0					R102420																																																																																			
<b>15.- Tarjetas y Candados de Enclavamiento Eléctrico</b> + ET: 035745		<b>40.- Medidas complementarias y comentarios</b>																																																																																							
<b>17.- Tarjetas/Preintos de Bloques Mecánicos:</b> + 047482 + 047483 + 047484 + 071523 + 071524 + 074298 + 074299 + 074300		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Renovaciones y Suspensiones</th> </tr> <tr> <th>Fecha/Hora</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>Autorizante (Nombre y apellidos / Código)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desde: Hasta:</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Renovaciones y Suspensiones				Fecha/Hora	R	S	Autorizante (Nombre y apellidos / Código)	Desde: Hasta:																																																																													
Renovaciones y Suspensiones																																																																																									
Fecha/Hora	R	S	Autorizante (Nombre y apellidos / Código)																																																																																						
Desde: Hasta:																																																																																									
<b>18.- Candados de Bloque Mecánico</b> ÁREA AUTORIZANTE   EJECUTANTE		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Autorización de Permiso de Trabajo</th> <th>Periodo de validez</th> <th>Documento impreso por:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Autorizante: Nombre y apellidos DÍAZ ZUMAETA, YURI</td> <td>Código PU11504</td> <td>Desde las 07:58 horas del día 28/04/2016 Hasta las 18:00 horas del día 28/04/2016</td> <td>Código: R102420 Fecha/hora: 28/04/2016 9:25</td> </tr> </tbody> </table>		Autorización de Permiso de Trabajo		Periodo de validez	Documento impreso por:	Autorizante: Nombre y apellidos DÍAZ ZUMAETA, YURI	Código PU11504	Desde las 07:58 horas del día 28/04/2016 Hasta las 18:00 horas del día 28/04/2016	Código: R102420 Fecha/hora: 28/04/2016 9:25																																																																														
Autorización de Permiso de Trabajo		Periodo de validez	Documento impreso por:																																																																																						
Autorizante: Nombre y apellidos DÍAZ ZUMAETA, YURI	Código PU11504	Desde las 07:58 horas del día 28/04/2016 Hasta las 18:00 horas del día 28/04/2016	Código: R102420 Fecha/hora: 28/04/2016 9:25																																																																																						
<b>Cancelación anticipada</b>																																																																																									
Fecha:	Hora:	Área:	Motivo:																																																																																						
<b>Finalización</b> Este permiso queda automáticamente cancelado una vez firmada la finalización por Ejecutante y Autorizante			Código / DNI																																																																																						
<b>Firma ejecutante</b> Ejecutante: Trabajo finalizado e instalación a disposición del Autorizante		<b>Fecha/Hora</b>																																																																																							
<b>Operador de campo:</b> Zona limpia / ordenada y en condiciones de seguridad <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b>Autorizante:</b> Equipo/Circuito disponible para su puesta en servicio																																																																																							