

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ESTUDIO ESPECIAL DE GRADUACIÓN

PROPUESTA PARA LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA JUNTO A UN PLAN DE CONTINGENCIA COMO GUÍA DE TRABAJO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE UNA PARED DE TUBOS DE UNA CALDERA ACUATUBULAR MARCA DB RELEY CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 1, 000,000 DE LIBRAS DE VAPOR POR HORA A 1,900 LIBRAS DE PRESIÓN, UBICADA EN PLANTA SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

POR

INGENIERO MECÁNICO
ERWIN FRANCISCO RIVERA FONSECA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO


Guatemala, 26 de abril de 2,008

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA JUNTO A UN PLAN DE CONTINGENCIA COMO GUÍA DE TRABAJO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE UNA PARED DE TUBOS DE UNA CALDERA ACUATUBULAR MARCA DB RELEY CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 1, 000,000 DE LIBRAS DE VAPOR POR HORA A 1,900 LIBRAS DE PRESIÓN UBICADA EN PLANTA SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por el tribunal examinador de la escuela de estudios de Postgrado de la facultad de Ingeniería, con fecha 17 de noviembre de 2,007.



Ingeniero Erwin Francisco Rivera Fonseca

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería

Como Coordinadora de la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento y revisor del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA JUNTO A UN PLAN DE CONTINGENCIA COMO GUÍA DE TRABAJO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE UNA PARED DE TUBOS DE UNA CALDERA ACUATUBULAR MARCA DB RELEY CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR HORA A 1,900 LIBRAS DE PRESIÓN, UBICADA EN PLANTA SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por el Ingeniero Mecánico **Erwin Francisco Rivera Fonseca**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Inga. Gloria Estelá Hernández Samáyoa
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, mayo de 2008.

/zc.



Como Revisor de la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA JUNTO A UN PLAN DE CONTINGENCIA COMO GUÍA DE TRABAJO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE UNA PARED DE TUBOS DE UNA CALDERA ACUATUBULAR MARCA DB RELEY CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR HORA A 1,900 LIBRAS DE PRESIÓN, UBICADA EN PLANTA SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por el Ingeniero Mecánico **Erwin Francisco Rivera Fonseca**, apruebo el presente trabajo de graduación y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, mayo de 2008.

/zc.



El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA JUNTO A UN PLAN DE CONTINGENCIA COMO GUÍA DE TRABAJO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE UNA PARED DE TUBOS DE UNA CALDERA ACUATUBULAR MARCA DB RELEY CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR HORA A 1,900 LIBRAS DE PRESIÓN, UBICADA EN PLANTA SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por el Ingeniero Mecánico **Erwin Francisco Rivera Fonseca**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser "Carlos Humberto Pérez Rodríguez", escrita con un bolígrafo.

Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, mayo de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. D.Postgrado 010.08

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al trabajo de graduación de la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento titulado: **PROPUESTA PARA LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA JUNTO A UN PLAN DE CONTINGENCIA COMO GUÍA DE TRABAJO PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE UNA PARED DE TUBOS DE UNA CALDERA ACUATUBULAR MARCA DB RELEY CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 1,000,000 DE LIBRAS DE VAPOR POR HORA A 1,900 LIBRAS DE PRESIÓN, UBICADA EN PLANTA SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por el Ingeniero Mecánico **Erwin Francisco Rivera Fonseca**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2008

/zpc

DEDICATORIA

A Dios	Por permitirme llegar hasta estos momentos con salud y alegría, por ser mi guía e inspiración
A mi esposa	Por ese apoyo y amor que me brinda todos los días, porque sin ella no lo hubiera logrado
A mi hijita	Para que este triunfo alcanzado sea un ejemplo para su vida y así poder demostrarle mi amor y cariño
A mis padres	Quienes siempre se han preocupado por brindarme todo su amor y bendiciones en mi vida, a quienes trato de imitar día a día
A mis hermanas	Por su cariño brindado
A mis sobrinos	Para que este triunfo sirva como ejemplo a lo largo de su vida
A mi suegra	Por sus palabras de motivación

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

GLOSARIO

INTRODUCCIÓN

1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos del trabajo	2
1.3. Justificación del trabajo	3
1.4. Alcance del trabajo	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Caldera	7
2.2. Equipos críticos	7
2.3. Conceptos de mantenimiento	8
2.4. Historial de mantenimiento de los equipos	8
2.5. Fuga en tubería de caldera	9
2.6. Plan de contingencia	9
2.6.1. Conceptos	9
2.6.2. Análisis de riesgos potenciales	10
2.6.3. Declaración y notificación de una emergencia	11
2.6.4. Evaluación y clasificación de una emergencia	12
2.6.5. Retroalimentación para la revisión y actualización del plan	13
2.7. Soldadura	14
2.7.1. Definiciones	14
2.7.2. Equipo básico de soldadura	17
2.7.3. Ubicación de equipo	18
2.7.4. Personal de planta (soldadores de primera)	19
2.7.5. Personal contratista	20
2.7.6. Materiales de aporte	21
2.7.7. Composición química de las tuberías de caldera	22
2.7.8. Procedimientos de soldadura establecidos por la AWS	22
2.7.9. Tratamiento térmico a utilizar según fabricante	24

2.7.10. Ensayos no destructivos (Radiografía)	25
2.7.11. Resultados de la soldadura.	27
2.8. Localización de fallas	28
2.8.1. ¿Que es una falla en una pared de tubos?	28
2.8.2. Métodos para la detección de fallas	28
2.8.3. Método por pistola ultrasónica	29
2.8.4. Método por inspección visual	30
2.8.5. Método por medición de espesores	32
2.8.6. Análisis metalúrgicos	33
2.9. Seguridad industrial	35
2.9.1. Definiciones	35
2.9.2. Seguridad en la aplicación de soldadura	35
2.9.3. Seguridad en la aplicación de los ensayos no destructivos	41
2.9.4. Normas aplicadas a la protección del medio ambiente	42
3. INVESTIGACIÓN PROPUESTA	45
3.1. Ubicación de planta	45
3.2. Descripción de la empresa	45
3.3. Caldera	45
3.3.1. Descripción	45
3.3.2. Componentes esenciales de la caldera	46
3.3.3. Esquema de una caldera	48
3.3.4. Mantenimiento	49
3.4. Proceso de generación de energía	52
3.4.1. Descripción	52
3.4.2. Combustibles	53
3.5. Plan de contingencia	55
3.5.1. Tipos de planes	56
3.5.2. Personal involucrado (brigadas)	57
3.5.3. Organización de comité de respuesta ante una emergencia	57
3.5.4. Funciones al activarse el plan de emergencia	59
3.5.5. Formatos de control para seguimiento del plan	62
3.5.6. Características técnicas de los equipos a utilizar	63

3.6. Procedimientos de soldadura	70
3.6.1. Normas AWS	70
3.6.2. Procedimiento especial por composición química de tubería	73
3.6.3. Composición química de los materiales	79
3.6.4. Materiales de aporte	81
3.6.5. Equipo soldadura eléctrica	82
3.6.6. Equipos para gas argon	84
3.6.7. Radiografía	85
3.6.8. Reportes de trabajo	86
3.7. Normas de seguridad aplicables al proceso	87
3.7.1. Inducción de seguridad industrial	87
3.7.2. Equipo protección personal	88
3.7.3. Equipo para trabajos en altura	89
3.8. Detección de fallas	90
3.8.1. Método ultrasónico	90
3.8.2. Análisis metalúrgico	91
3.8.3. Medición de espesores	92
3.8.4. Inspección visual	93
3.8.5. Ensayos no destructivos	94
3.9. Disponibilidad de planta en línea	95
3.9.1. Análisis económico	95
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	100
Anexo 1	101
Anexo 2	102
Anexo 3	103
Anexo 4	104
Anexo 5	105
Anexo 6	106
Anexo 7	107
Anexo 8	108
Anexo 9	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Proceso de soldadura eléctrica	15
2	Proceso de soldadura TIG	16
3	Partes de una antorcha de soldadura TIG	17
4	Equipo básico de soldadura TIG	17
5	Cajón de soldadura	19
6	Formas de electrodo de tungsteno	21
7	Esquema de medición de espesores de tubería de caldera	33
8	Muestra de tubería para análisis metalúrgico	34
9	Tubería sobrecalentador fallada por desgaste	35
10	Equipo de protección adecuado para un soldador	39
11	Equipo para evitar riesgos a la salud	40
12	Radiaciones admisibles en el ser humano	41
13	Esquema de una caldera acuatubular	48
14	Corrosión interna localizada en la pared de tubos	50
15	Selección de tubos a cortar	50
16	Tubería cortada para muestra	51
17	Tubo nuevo con junta soldada radiografiada	51
18	Alimentador para máquina de soldar marca Miller con accesorios	66
19	Amoladoras angulares	70
20	Junta para soldadura a tope de chapas	74
21	Junta en "V" para chapas y placas	74
22	Junta doble "V" para placas	74
23	Junta "U" para placas	75
24	Junta doble "U" para placas	75
25	Junta para caños con inserto consumible	76
26	Junta para caño sin inserto consumible	76
27	Procedimiento interno de soldadura en planta, hoja 1	77

28	Procedimiento interno de soldadura en planta, hoja 2	78
29	Gases de protección a utilizar dependiendo de la composición química del material	79
30	Corriente de transición para materiales de distinta composición química	79
31	Terminología de los materiales utilizados en planta	80
32	Composición química de los materiales de aporte utilizados en planta	82
33	Comparación de modos de transferencia de arco en la soldadura TIG	84
34	Porosidad en un cordón de soldadura	86
35	Portada manual de normas de seguridad dadas por la AWS	88
36	Código NFPA	89
37	Equipo de pistola ultrasónica	90
38	Ejemplo de reporte de análisis de tubería de caldera	91
39	Formato de medición de espesores de tubería de caldera	92
40	Kit de instrumentación para la inspección visual	93
41	Aplicación de líquido penetrante en soldadura y cordón revelado	94
42	Aplicación de líquido limpiador a pieza a examinar	95
43	Proceso de generación de vapor	95

ÍNDICE DE TABLAS

1	Eventos que conllevan una emergencia	12
2	Rangos de corriente permitidos para cada diámetro de electrodo	21
3	Composición química de una tubería	22
4	Grados de protección para filtros en soldadura eléctrica	38
5	Diferentes tipos de energía utilizados en la actualidad	54

GLOSARIO

Administrador de Mantenimiento:	Persona que se encarga de planificar y coordinar los mantenimientos de equipos instalados en planta, así como, el control de órdenes de trabajo y tiempo realizados por cada técnico involucrado
Álabe	Se denomina a cada una de las paletas curvas de una rueda hidráulica
API	Instituto americano de petróleo (por sus siglas en ingles American Petroleum Institute)
AWS	Sociedad Americana de Soldadura (por sus siglas en ingles American Welding Society)
Boroscopio	Dispositivo de inspección óptica sin contacto consistente en un tubo rígido o flexible con un ocular en un extremo y una lente de aumento en el otro. Los boroscopios proporcionan una vista del interior de agujero que de otra manera sería difícil o imposible ver.
Carbón	Combustible fósil de color negro que se encuentra en minas con alta propiedad de carbono

Carbón pulverizado	Producto del paso del carbón por el pulverizador que convertido en fino tamizado sirve como combustible para ser utilizado en la caldera
Contraste	Es la diferencia de ennegrecimiento producido por un cambio de espesor
Cordón de soldadura	Hilera continua de puntos de soldadura depositada apagando o no el arco
Defectos	Carencia o imperfección de las cualidades propias, en soldadura se reconocen los END que se indique la AWS que se pueda hacer dependiendo del tipo de material
Procedimiento de soldadura	Es el proceso operacional detallado a seguir en la ejecución de una soldadura especificando los metales de base, de aporte, equipos, y personal capacitado con el fin de obtener una soldadura de excelente calidad
Proceso de soldadura	Es una entre varias técnicas y formas de realizar metódicamente y pasó a paso la unión de dos o más metales, existen muchos procesos de soldadura, los procesos básico en nuestro estudio es: GMAW
Pulverizador	Equipo utilizado para transformar la granulometría del carbón de $\frac{3}{4}$ de

pulgada, aproximadamente, a tamiz de 500 micrones

Quemador

Dispositivo para quemar combustible líquido, gaseoso y, algunas veces sólidos, éstos producen calor, generalmente, mediante una llama

Radiografía

Es el resultado del proceso de la técnica no destructiva, de examen de las discontinuidades internas en cualquier cuerpo, por la aplicación de rayos X, gamma u otro, mediante de fotografía con energía radiante

Socavadura

Discontinuidad en forma de muesca que se presenta en la raíz de la junta soldada, en los empalmes en frío, entre cordones y en el pie de la soldadura no es aceptada por el código

Soldadura buena

Es la soldadura con débiles desviaciones de la homogeneidad, a causa de uno o varios de los defectos siguientes: inclusiones gaseosas, inclusiones de escoria, falta de penetración

Tratamiento térmico

Obtención de las propiedades y las condiciones deseadas de un metal con la ayuda del calor controlándolo adecuadamente

INTRODUCCION

Las calderas de vapor son equipos en los que se hace elevar la temperatura de agua para producir vapor.

Durante su funcionamiento, la caldera está sometida interiormente a la presión de equilibrio del agua y del vapor a la temperatura alcanzada. Los otros elementos de la caldera recorridos por el agua o el vapor, a partir de la bomba de alimentación que son: economizador y recalentador, están sometidos casi a la misma presión, pero la temperatura del fluido puede ser inferior o superior a la ebullición; buena parte del vapor producido se pierde a través de las fugas existentes en los sistemas de distribución, incluyendo tuberías, válvulas y purgadores, también por fugas ocasionadas por alguna erosión en la tubería de pared, sobrecalentadores o cualquier sistema dentro de la operación de la caldera. Las pérdidas incluyen, la energía perdida, el reemplazo del equipo dañado y el uso excesivo de horas-hombre. Es frecuente descubrir pérdida en sistemas de generación de vapor por valor de miles de dólares al año, por ejemplo, un orificio de apenas 4 milímetros de diámetro en un conducto de vapor, fuga aproximadamente 40 Kg. de vapor por hora a 10 bar de presión, esto significa que en un año representa más de 300 toneladas métricas de vapor. Para la mayoría de las empresas esta fuga representa un costo superior promedio a 8000 dólares al año. La eliminación de las fugas visibles es fácil, pero eliminar las fugas invisibles en tuberías, sobrecalentadores o cualquier elemento que pierden vapor o las válvulas de by-pass que no cierran correctamente, es tarea mucho más complicada. Más aún, si no se tiene un adecuado programa de mantenimiento o un plan de contingencia de presentarse una fuga o emergencia en la operación de la caldera.

Los efectos adversos que una fuga o desperfecto de la caldera pueden generar sobre la operación eficiente de una planta, la seguridad de las personas, el medio ambiente, pérdida de material o el daño a la operación de una

empresa, esta en función del tiempo y la capacidad de respuesta para su control, mitigación y corrección. Cuanto mayor sea el tiempo de respuesta, mayores serán los daños generados por la emergencia; por el contrario, cuanto más efectiva y organizada sea la capacidad de respuesta ante una emergencia, entonces mayor será el potencial para reducir la severidad del daño.

Como en toda planta la operación de la caldera se requiere que sea eficiente por lo cual se hace necesario tener un plan de contingencia, el cual no es más que, el conjunto de procedimientos que proponen acciones de respuesta para afrontar de manera oportuna, adecuada y efectiva la ocurrencia de una fuga, cambio de equipo o componente, incidente o emergencia. Las contingencias están referidas a la ocurrencia de eventos que generen efectos adversos sobre el equipo, el personal, la infraestructura y las operaciones por situaciones de origen natural o mecanizado que están en directa relación con el potencial de riesgo y vulnerabilidad del área y de las operaciones.

Este estudio especial de graduación tiene como objetivo proporcionar a la planta una propuesta que contenga de forma ordenada todos los procedimientos de soldadura, composiciones de materiales de los distintos tipos de tuberías que se encuentran distribuidos en toda la caldera, procedimientos de seguridad industrial al estar trabajando en la reparación de la emergencia, así a mantenerse con una eficiencia del 95% de disponibilidad y evitar contingencias.

Claro está, que si esta guía y procedimientos no son difundidos, y no existe una capacitación y entrenamiento en simultáneo con ejercicios de campo al personal involucrado en las brigadas de emergencias, no tendrán ningún valor real al producirse una fuga en operaciones, el éxito está en función a la capacitación, entrenamiento y personal involucrado.

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

En la industria de la generación eléctrica como una planta térmica, existe equipo que es esencial para cumplir con los objetivos para lo cual esta diseñada dicha planta, estos equipos deben de estar disponibles en óptimas condiciones, el que la caldera sufra un desperfecto en cualquiera de sus equipos auxiliares o en su propia estructura, representa pérdidas económicas, que se derivan de no poder generar electricidad y pago de multas por indisponibilidad, costos que a través del tiempo afecta la estructura económica de la organización y el país en general.

Por diversas razones la planta no cuenta con un plan de contingencia que le indique cómo reaccionar ante una fuga de vapor en operaciones normales de la caldera, se han tenido emergencias y se ha sabido solucionar, sin embargo, tal vez con un tiempo de reacción mucho mayor, que si se tuviera un plan ordenado de cómo aplicar los procedimientos de soldadura y tratamiento térmico dictados por las normas de la Sociedad Americana de Soldadura AWS (American Welding Society, por sus siglas en ingles).

El no contar con herramientas que nos permita llevar un plan de mantenimiento de clase mundial que incluye: plan de contingencia de cómo responder al presentarse una falla en la caldera, mantenimientos preventivos y predictivos, análisis de fallas, ensayos no destructivos, etcétera, nos conduce a no poder garantizar la disponibilidad de la planta para poder generar la demanda de energía para la que se construyó.

Es necesario contar con procedimientos precisos de operación diaria, planes y procedimientos de cómo reaccionar ante una emergencia, planes de mantenimiento que abarquen las tareas que corresponde a cada departamento: eléctrico, mecánico, soldadura y servicios generales, éstos deben incluir la función de cada técnico en su respectiva área de trabajo, las tareas de

operación normal y las de emergencia que se pueda presentar para poder utilizarlos como guía ante la operación diaria y de emergencia.

1.2. Objetivos del trabajo

General

- Elaborar una propuesta para la unificación de los procedimientos de soldadura junto a un plan de contingencia como guía de trabajo para el reacondicionamiento de una pared de tubos de caldera acuatubular marca DbReley con capacidad de producción de vapor de 1,000,000 de libras de vapor por hora a 1,900 libras sobre pulgada cuadrada ubicada en planta San José

Específicos

- Programar actividades ante una reparación de la caldera
- Establecer los procedimientos adecuados para la reparación de la tubería de la caldera
- Conocer el personal técnico con el cual se trabajará durante la falla
- Analizar los aspectos económicos que implica una salida de línea por causa de fugas en la tubería de la pared de caldera
- Establecer un plan de contingencia con procedimientos de respuesta unificado para coordinar actividades para minimizar el tiempo de repuesta ante una contingencia
- Involucrar a las personas ligadas al mantenimiento de planta especificando la atribución de cada una dentro del plan, fortaleciendo

sus conocimientos mediante la capacitación y puesta en práctica del plan de contingencia

- Conocer los diferentes equipos, maquinaria y procedimientos establecidos por el manual del fabricante de cada componente; conociendo su ubicación y como aplicarlo al presentarse una contingencia
- Poner en práctica todos los conocimientos que se tienen de los procedimientos de soldadura y tratamientos térmicos de los metales
- Diseñar un plan de contingencia para atender las emergencias y así lograr los mejores beneficios para la planta
- Poner en practica las normas dadas por la AWS
- Proteger el ambiente como generadores de corriente para contribuir con la conservación del medio ambiente, aplicando las normas establecidas a nivel mundial, es parte esencial de la operación de planta
- Identificar los parámetros para prevenir una falla de desgaste en la tubería de la caldera que pueda provocarnos una fuga de vapor antes de que ocurra un siniestro

1.3. Justificación del trabajo

La planta cuenta con una caldera con capacidad de producción de vapor de 1,000,000 libras por hora, a una presión de 1,900 libras por pulgada cuadrada, capaz de mover la turbina para generar 128MW por las dimensiones, diseño y costo de la misma solamente se cuenta con ésta, por lo que se hace necesario un buen plan de mantenimiento para obtener su disponibilidad los 365 días del año.

En una planta térmica la caldera es el equipo fundamental para la producción de vapor. La caldera con que se cuenta se montó en el año 1999 y ha logrado producir la cantidad de vapor necesaria para inyectarlo en la turbina y lograr la generación de 128MW por hora con escasas paradas por emergencias o fugas en las tuberías, sin embargo, por el tiempo de trabajo es necesario contar con un plan de contingencia para estar preparados y reaccionar de manera rápida para reparar cualquier fuga que se tenga.

Al presentarse una falla en la caldera implica que la planta salga de línea esto ocasiona pérdidas económicas, indisponibilidad y pago de multas por no poder entregar la energía demandada, esto nos lleva a prestarle especial atención a cualquier contingencia que se presente en la misma.

Para poder iniciar con los trabajos de reparación si se tuviera una falla es necesario dejar que la caldera se enfríe, detectar la ubicación de la fuga por medio de pistola ultrasónica e inspección visual, estos trabajos suman, aproximadamente, doce horas mas el tiempo que se tomaría hacer la reparación que incluye: el corte de tubo, la preparación del tubo, aplicación de la soldadura y radiografía llevaría, aproximadamente, otras doce horas, más diez horas de rampa de subida de carga nos da un total de 34 horas de pérdidas de generación de vapor; al considerar el costo que actualmente se tiene de Kw es aproximadamente \$0.08 Kw/hr que multiplicados por la cantidad de horas que se estará fuera de línea tendríamos pérdidas económicas altas.

Debido al tipo de operación mencionado, es necesario implementar los procedimientos que permitan brindar una respuesta adecuada y oportuna, ante una situación de emergencia, realizar el manejo eficiente de los recursos internos como: mano de obra y herramienta, experiencia de campo, conocimiento técnico de los materiales de fabricación de la tubería y coordinar adecuadamente los apoyos externos que se requieran para lograr solventar cualquier eventualidad que se presente, debido a la pérdida económica que representa y al compromiso de mantener una disponibilidad de 95% generación eléctrica.

Dichos procedimientos nos ayudarían a

- Reducir tiempos muertos de generación
- Identificar personal calificado y herramienta disponible
- Tiempos máximos y mínimos para corregir cualquier falla
- Crear un manual de reacondicionamiento
- Conocer la composición química de la tubería de la pared de la caldera

La propuesta del procedimiento a utilizar en el reacondicionamiento se realizara basándose en las especificaciones del fabricante, normas de la AWS y experiencia en el campo, de acuerdo a las necesidades de la planta.

1.4. Alcance del trabajo

El presente estudio pretende proporcionar un plan de Contingencia para actuar adecuadamente ante las emergencias con potencial de daño a equipos, personas, ambiente o bienes que pudieran generarse en las operaciones de generación de energía, adaptado a normas establecidas por casa matriz, manual de fabricante, por AWS y por experiencia propia.

El Plan de Contingencia se ha diseñado para cubrir los siguientes tipos de emergencia, cuya posibilidad de ocurrencia ha sido observada durante operación normal:

- Rotura de tubería de pared en caldera
- Deformación en las tuberías por sobrecalentamiento en la operación
- Localización de mano de obra para la reparación
- Materiales para la reparación
- Fuga de vapor en tuberías externas de la caldera

Su aplicación será responsabilidad del Jefe de mantenimiento, Supervisores y personal a cargo de la aplicación de soldadura durante el inicio de una emergencia o incidente.

Este plan debe cuantificarse para establecer la factibilidad de su realización, por lo que, debe analizarse los costos de implementación, equipo y estructura.

El estudio se enfocara únicamente en cualquiera de las cuatro paredes de tubos

La generación eléctrica producida en la planta representa el 35% del consumo local y extranjero, es por esto que se hace necesario contar con todas las herramientas necesarias para lograr mantenerse en una disponibilidad del 95%.

El contenido de este estudio abarca diferentes emergencias, pasos a seguir y procedimientos a utilizar para solventarlas.

Con los resultados de este estudio especial de graduación se pretende proporcionar estructura adecuada que cumpla con los procedimientos establecidos por parte de gerencia y casa matriz.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Caldera

Equipo fundamental en planta que se utiliza como productor de vapor, utiliza carbón mineral como combustible y su producción es a través de un ciclo rankine, el cual, como todo equipo está sujeto a recibir mantenimiento programado o cualquier reparación por emergencia; dichos trabajos requieren:

- Administrador de mantenimiento
- Planificación del mantenimiento programado
- Historial de reparaciones
- Análisis de costos involucrados tanto en mantenimiento como en reparaciones
- Reporte de trabajos

2.2. Equipo crítico considerado en planta

En planta se identifica como equipo crítico aquellos que presentan dos características:

- Que no se tiene un equipo dual instalado o almacenado en bodega
- El que de presentarse una falla saca de línea a la planta afectando la producción de la misma

De no existir un plan de contingencia adecuado para afrontar una falla en estos equipos provocaría que en planta se dejara de percibir ganancias por no estar generando energía eléctrica, lo que significaría significativas pérdidas monetarias para la empresa.

2.3. Conceptos de mantenimiento

Según Salih O. Duffuaa en su libro titulado Sistema de mantenimiento planeación y control, define mantenimiento como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas.

La filosofía del mantenimiento de una planta es básicamente la de tener un nivel mínimo de personal de mantenimiento que sea consistente con la optimización de la producción y la disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad industrial. Tal como lo explica John Dixon en el libro titulado Sistema de mantenimiento.

2.4. Historial de mantenimiento de los equipos

El historial del equipo es un documento en el que se registra información acerca de todo el trabajo realizado, contiene información acerca de todas las reparaciones realizadas, el tiempo muerto, el costo de las reparaciones y las especificaciones del mantenimiento planeado. Es necesario registrar lo siguiente:

- Especificaciones y ubicación del equipo
- Inspecciones, reparaciones, servicio y ajustes realizados, y las descomposturas y fallas con sus causas y las acciones correctivas emprendidas
- Trabajo realizado en el equipo, componentes reparados o reemplazados, condicione de desgaste o rotura, erosión, corrosión, etcétera
- Mediciones o lecturas tomadas, tolerancia, resultados de pruebas e inspecciones
- Hora de la falla y tiempo consumido en llevar a cabo las reparaciones

Toda esta información servirá para que el planificador, pueda llevar el control de mantenimiento de cada equipo y así poder llevar un costo exacto de inversión en cada mantenimiento que se le realice y como se pueda ir depreciando a lo largo de su funcionamiento.

2.5. Fuga en tubería de caldera

En el libro operadores de calderas industriales, Manuel Cáceres Gallardo, define fuga en tubería de caldera como el escape de agua de trabajo, agua tratada químicamente que se utiliza para la conversión o producción de vapor, esta agua se eleva a una temperatura aproximada 750 grados Fahrenheit para lograr llevarla a su punto de vaporización.

En muchos casos, la fuga no es de agua sino de vapor que es el que se transporta a una elevada presión y se produce en las partes más delgadas de la pared de la tubería.

2.6. Plan de contingencia

2.6.1. Conceptos

Según Jorge Enrique Vargas en su libro Políticas publicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a un desastre define al plan de contingencia como un conjunto de procedimientos alternativos a la operación normal, que le permitirá a su organización seguir operando, aún cuando alguno de sus equipos deje de hacerlo por una falla.

Las causas pueden ser: un problema mecánico o natural, por parte de terceros o la falta de provisión de servicios básicos (energía eléctrica, combustibles, mala práctica de soldadura, etcétera).

El hecho de que se tenga un plan de contingencia no implica que se abuse de confianza o se trabaje inadecuadamente, al creer que se puede solucionar con sólo tener el plan. Por el contrario indica que es una planta previsora y que

podría cubrir las eventualidades internas como externas que se puedan presentar en la operación de la caldera.

2.6.2. Análisis de riesgos potenciales

Según Ricardo Álvarez Cubillo en su libro Salud ocupacional define riesgo como el efecto que pueden producir aquellos fenómenos y objetos, sustancias, etcétera, a los cuales se les ha demostrado que poseen la posibilidad de afectar un equipo o persona a la cual pueda generar enfermedad o accidente.

Factores de riesgos, El factor de riesgo se define como aquel fenómeno, elemento o acción de naturaleza física, química, orgánica, psicológica o social que por su presencia o ausencia se relaciona con la aparición, en determinadas personas y condiciones de lugar y tiempo, de eventos traumáticos con efectos en la salud del trabajador tipo accidente, o no traumático con efectos crónicos tipo enfermedad ocupacional.

El riesgo constituye la posibilidad general de que ocurra algo no deseado, mientras que el factor de riesgo actúa como la circunstancia desencadenante, por lo cual es necesario que ambos ocurran en un lugar y un momento determinados, para que dejen de ser una opción y se concreten en afecciones al trabajador.

Clasificación de los factores de riesgo laboral en la reparación de una tubería dentro de caldera.

- Factores Físicos
 - Exposición al ruido
 - Iluminación inadecuada
 - Vibraciones
 - Temperaturas Extremas
 - Radiaciones

- Ionizantes: Rayos X - Isótopos Radioactivos
- No Ionizantes: Ultravioletas - Infrarrojos – Láser

- Presiones anormales
 - Aire comprimido: perforación de túneles
 - Aire enrarecido: altitudes elevadas
 - Espacios confinados

- Factores Químicos

Se originan por el manejo o exposición de elementos químicos y sus compuestos venenosos, irritantes o corrosivos, los cuales atacan directamente el organismo.

De acuerdo a la forma como se presenta la sustancia:

- Aerosoles: Partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire
 - Humos: Partículas sólidas (Combustión)
 - Neblinas: Partículas líquidas (Pintura)
 - Polvos: Partículas por manipulación de un sólido
- Líquidos: Tienen dos riesgos: el posible contacto y el vapor, ya que donde hay líquidos hay vapor
- Gaseosos: Gases y vapores. Tienen gran capacidad de dispersión

El conocimiento de los riesgos a los que nos enfrentamos, genera una conciencia y cultura de prevención entre los trabajadores; por ello, la gran importancia de localizar e identificar todos y cada uno de los riesgos intrínsecos relacionados con la reparación de la tubería de la caldera.

2.6.3. Declaración y notificación de una emergencia

El proceso de notificación de una emergencia empieza con el reporte inicial de la misma. Una vez confirmada la emergencia es responsabilidad del:

- Trabajador o testigo

- Supervisor de trabajo
- Ingeniero de área

La declaración es responsabilidad de los trabajadores o áreas involucradas de dar la primera voz de alarma de cualquier emergencia producida y será responsabilidad de gerencia dictaminar el nivel de la misma para que se proceda con las coordinaciones correspondientes.

La notificación es responsabilidad del gerente de área o de planta, proporcionar la información a casa matriz.

2.6.4. Evaluación y clasificación de una emergencia

Los factores que influyen en el nivel de emergencia son los siguientes:

- El grado de urgencia de la situación
- La habilidad de manejar la situación usando recursos locales de la empresa
- La habilidad de manejar la situación con recursos externos
- El tiempo necesario para el reinicio de actividades

Dentro de la operación se pueden dar varios eventos que nos lleven a una emergencia los cuales son:

EVENTOS	FENÓMENOS NATURALES	LABORALES
Mala operación del equipo	Sismos	Sabotaje
Explosión de una tubería		Vandalismo
Mala limpieza de tuberías		terrorismo
Desgaste de paredes		
Mal control de mapeo		

Fuente: manual de seguridad interno planta san José

Tabla 1. Eventos que conducen a una emergencia

La clasificación está de acuerdo a los niveles de incidencia estos pueden ser:

- **Nivel moderado:** es cuando la emergencia puede ser controlada internamente con los recursos de la empresa, leve daño a la propiedad y equipo causados por defectos o fallas en el equipo; en este nivel no es necesario activar el plan de contingencia, pues ya que el supervisor se encarga de mitigar la emergencia.
- **Nivel 2:** en este se activa el plan de contingencia y el supervisor de trabajo es el encargado de administrarlo, puede haber pérdida de maquinaria, caída de partes de las instalaciones; en este nivel puede ser necesario resolverlo con recursos internos de la empresa y externos (mano de obra, maquinaria, etcétera)
- **Nivel 3:** en este se debe de notificar al ingeniero de área, gerente de operaciones y gerente de planta, ellos serán los responsables de decidir el mejor momento para sacar la unidad de línea y administrar el plan de contingencia para cubrir la emergencia.

2.6.5. Retroalimentación para la revisión y actualización del plan

Las revisiones ordinarias deben ser documentadas para poder obtener un adecuado escenario y resultados esperados del plan. Las mejoras al plan de contingencia deben ser registradas y comunicadas al equipo de contingencia de la planta, para saber en que se está fallando y cómo corregirlo.

Será necesario retroalimentar el plan de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas o en la aplicación del mismo en una emergencia.

En la actualización del plan será necesario:

- Resultado de las emergencias atendidas
- Reacción ante una emergencia se cumple con el tiempo establecido para resolver la falla

- El tiempo de respuesta de un apoyo externo es el adecuado para resolver la falla
- Evaluación de prácticas y simulacros de campo
- Estadísticas de fallas de la caldera por explosión de tuberías
- Demostrar eficiencia para movilizar la respuesta necesaria dentro del tiempo requerido
- Demostrar capacidad en las funciones y responsabilidades del personal considerado dentro del plan de contingencia
- Demostrar capacidad de diagnóstico de falla de equipo (explosión de tubería en caldera, un poro en la soldadura de alguna junta de tubería)
- Demostrar capacidad para la protección del medio ambiente y eco sistema

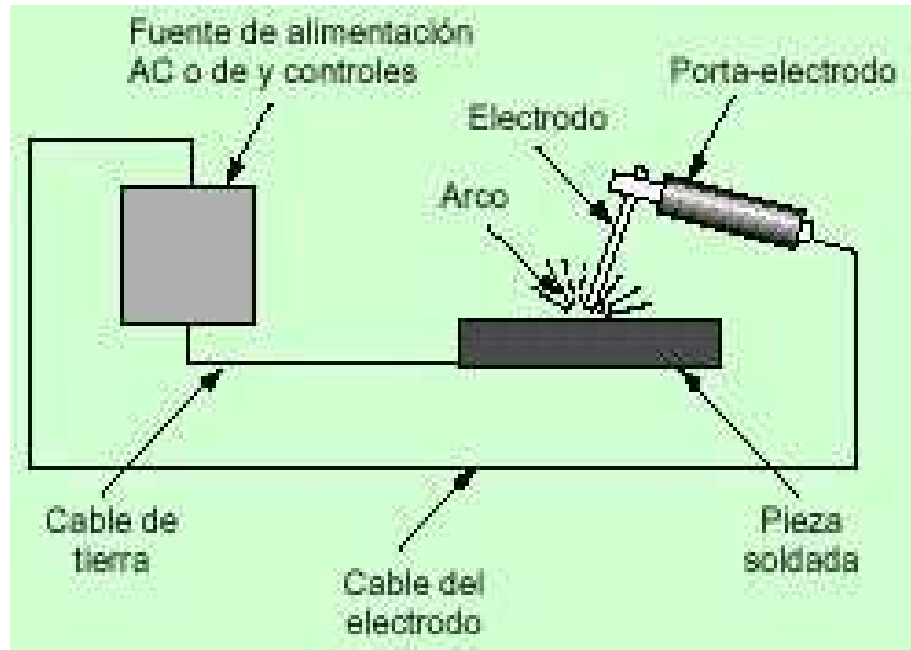
La retroalimentación es necesaria en cualquier plan o proceso, mejoras en varios puntos evaluados dentro del plan.

2.7. Soldadura

2.7.1. Definiciones

La soldadura: al igual que la mayoría de los procesos industriales y disciplinas técnicas, posee sus propios términos especializados, mismos que resultan necesarios para lograr una comunicación efectiva entre la gente que de alguna manera está relacionada con los procesos, operaciones, equipo, materiales, diseño y otras actividades pertenecientes a los métodos de unión involucrados.

Héctor García, en su libro Inspección de soldadura, la define como la unión localizada del metal producida por calentamiento apropiado, con o sin aplicación de presión, y con o sin el metal de aporte, el metal de aportación puede tener un punto de fusión aproximadamente igual al de metal base o por debajo de éste, pero por encima de 800 grados Fahrenheit



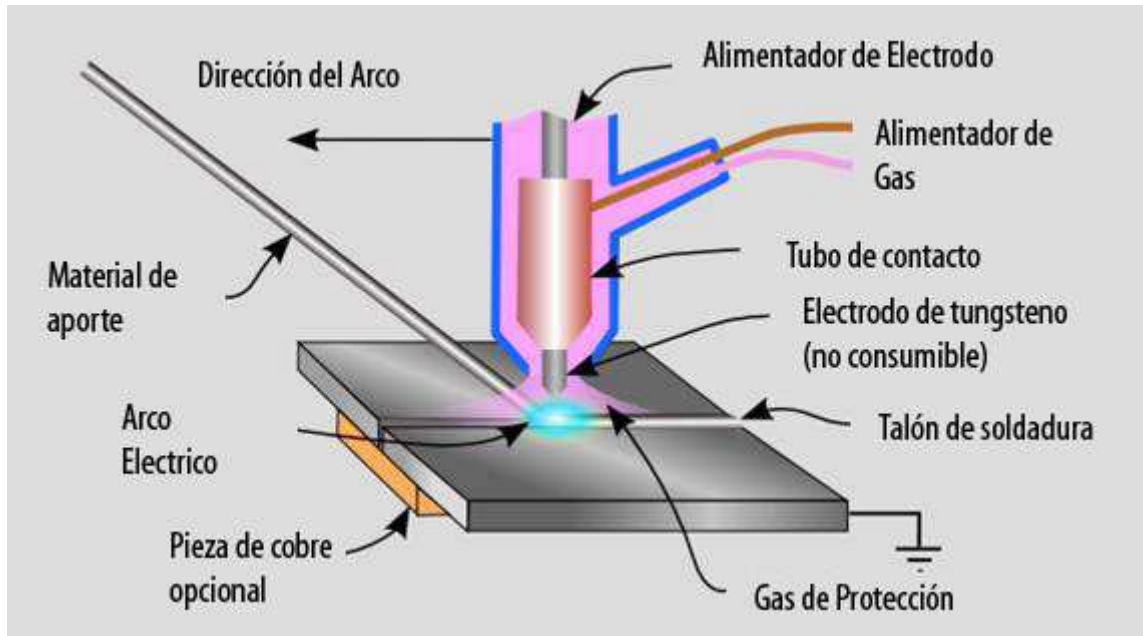
Fuente: Inspección de soldadura, Pág. 79

Figura 1. Proceso de soldadura eléctrica

Soldadura por arco de tungsteno protegido con gas (GTAW)

Se le conoce como Gas Metal Arc Welding (por sus siglas en ingles), que es un proceso de soldadura por arco, el cual es establecido entre un electrodo de tungsteno no consumible y el charco de soldadura. En este proceso se emplea gas de protección, no se aplica presión y puede usarse con o sin la adición del metal de aporte.

Por su versatilidad se emplea para soldar metales ferrosos y una gran variedad de metales no ferrosos, como las aleaciones de cobre, níquel, aluminio y magnesio, Este proceso es ampliamente utilizado para la unión de metales refractarios (Tungsteno, Molibdeno, Tantalio y Cromo) y materiales reactivos, que pueden oxidarse rápidamente a temperaturas elevadas (aún ya solidificados) sino se protegen adecuadamente y pierden ductibilidad y tenacidad si absorben impurezas tales como oxígeno hidrogeno y carbono.



Fuente: Inspección de soldadura, Pág. 94

Figura 2. Proceso de soldadura TIG

Las ventajas de utilizar este proceso:

- no produce salpicaduras por chisporroteo
- puede usarse con o sin metal de aporte según sea requerido por las aplicaciones
- permite un excelente control de la penetración del paso de raíz
- permite un control preciso de las variables de soldadura
- no produce escoria

Las desventajas de este proceso:

- las relaciones depósito son menores con respecto de aquellas que se obtienen con procesos de soldadura por arco que usan electrodos consumibles
- La velocidad de soldadura es relativamente lenta
- Los costos de asociados con la soldadura de metales base de espesores mayores de 3/8 "(10mm) son mayores que aquellos obtenidos con los procesos por arco que emplean electrodos consumibles

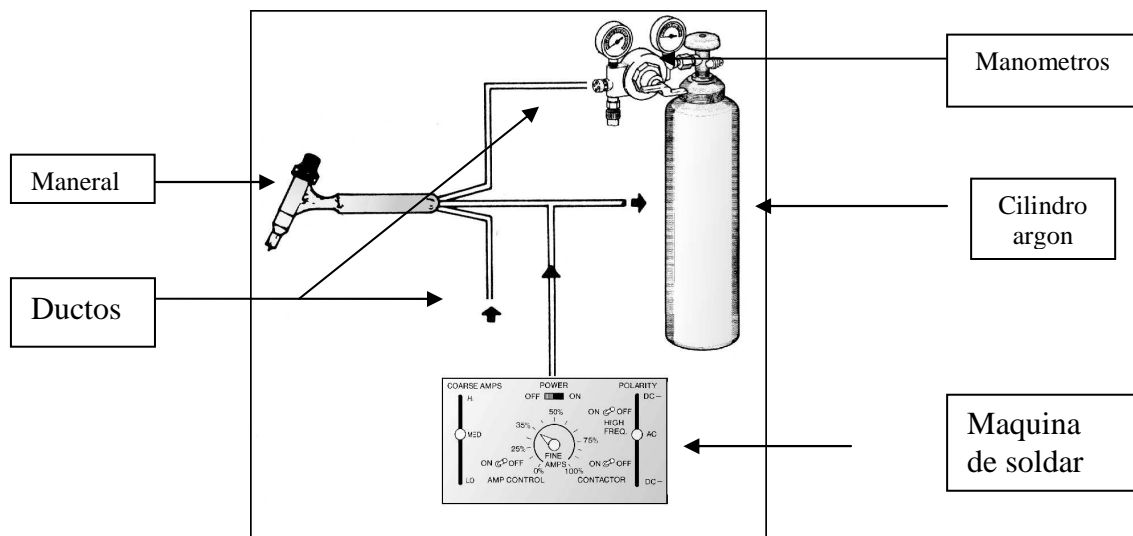
2.7.2. Equipo básico de soldadura

El equipo básico empleado en este proceso consiste en una fuente de energía de corriente constante, alterna (CA) o directa (CD), una antorcha con electrodo de tungsteno incluido, suministro de gas de protección (el cual incluye regulador presión y medidor de flujo) y material de aporte cuando es requerido



Fuente: Inspección de soldadura, Pág. 94

Figura 3. Partes de un maneral de soldadura TIG



Fuente: Inspección de soldadura. Pág. 45

Figura 4: Equipo básico para soldadura TIG

2.7.3. Ubicación de equipo

Actualmente, se cuenta con un cajón especial para equipo y herramienta, dicho cajón se encuentra ubicado en el taller de soldadura, en el se tienen:

- Dos equipos completos para soldadura TIG (electrodos no consumibles, cerámicos, manerales rectos y con ángulo, mangueras para gas, manómetros, gafas de seguridad, guantes)
- Un equipo para soldadura eléctrica (careta, guantes, picador, mascarillas, una tenaza para conectar a tierra la pieza y un porta electrodo, filtros de diferentes tonos)
- Un equipo de soldadura y corte oxiacetileno (manómetros, un juego de mangueras, boquillas de diferente número para soldar, antorchas para calentar piezas y manerales de corte)
- Herramienta y equipo de desbaste
- Equipo de seguridad industrial

Dicho cajón se encuentra bajo llave, las únicas personas que cuentan con dicha llave es el ingeniero de campo, asistente de ingeniero de mantenimiento, supervisor de turno y el encargado de soldadores. El cajón se encuentra inventariado y se revisa una vez al mes que el equipo esté completo y, si existe probabilidad de prueba, se realiza bajo la supervisión del ingeniero de mantenimiento.

Además, dicho cajón está debidamente identificado y se encuentra accesible para que un montacargas lo pueda trasladar a un área más cercana de donde pueda ocurrir una contingencia en la caldera.



Fuente: taller de soldadura, planta san José

Figura 5. Cajón de almacenaje de equipo de soldadura

2.7.4. Personal de planta (soldadores de primera)

Un soldador de primera es un trabajador técnico altamente especializado cuya función principal, consiste en controlar y asegurar efectivamente la calidad de los trabajos de fabricación, construcción y montaje de equipos, estructuras e instalaciones en las que intervienen operaciones de soldadura.

El propósito fundamental de un soldador certificado, como lo establece la AWS, es el de realizar las ensambladuras soldadas que cumplan los requisitos de aceptación de un código o norma específica o los de algún otro documento.

Dicho soldador debe estar familiarizado con los procesos de soldadura y corte, calificación por parte de inspectores de soldadura y manejo de personal relacionado con dicha área, además debe conocer la metalurgia de los

metales, metales base y de aporte; debe ser capaz de leer e interpretar dibujos y planos, preparar y mantener registros y hacer reportes y juicios responsables.

2.7.5. Personal contratista

Al igual que los soldadores de planta, el personal contratista nos ayuda a solucionar cualquier contingencia que se presentara en una pared de tubos de la caldera.

A la empresa que proporciona el personal se le exige que presente las certificaciones recientes de cada soldador 6 meses, además de permitir que se les realice una prueba previa a aplicar su técnica en la unión de las tuberías.

Dichos soldadores deben de poseer certificación de la AWS, bajo los códigos API 1104 o AWS 1.1.

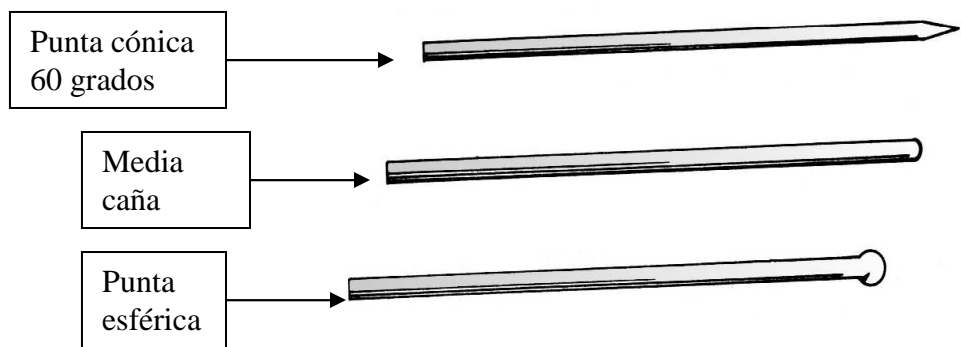
Cuando se solicita el apoyo de personal contratista es debido a que la falla es demasiado grande y nuestro personal no es suficiente para cubrir los turnos de reparación, por lo regular, se le exige al contratista que incluya el equipo grande como máquina de soldar y sus propias manuales pues ya que la mayoría de soldadores están acostumbrados a trabajar con su propio equipo.

Cada soldador externo (contratista) debe recibir antes de iniciar cada trabajo una serie de pláticas de seguridad antes de arriesgar la integridad física de su personal, sin importar el tiempo que se pueda utilizar al recibir cada plática, lo importante es trabajar seguro y sin lamentaciones posteriores.

Lo aconsejable es tener identificadas empresas externas que presten el servicio de soldadura, a las cuales se les pueda confiar los trabajos.

2.7.6. Materiales de aporte

Los electrodos no poseen forma antes de ser usados, se les debe dar forma mediante mecanizado, desbaste o fundido, los formatos pueden ser tres: punta cónica, media caña y esférica, tal como se observa en la figura siguiente:



Fuente: Inspección de soldadura. Pág. 90

Figura 6. Formas de electrodo tungsteno

Los diámetros de los electrodos de tungsteno se seleccionan en función de la corriente admisible empleada para la realización de la soldadura:

Espesor (mm)	Corriente (ampere)	Electrodo (mm)	Aporte (mm)
1.00	35	1.6	1.6
1.60	50	1.6	1.6
2.00	75	2.4	2.4
2.50	100	2.4	2.4
3.20	125	3.2	3.2
6.35	175	3.2	3.2

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 87

Tabla. 2 Rangos de corriente permitidos para cada diámetro de electrodo.

2.7.7. Composición química de las tuberías de la caldera

Debido a que los metales puros presentan propiedades mecánicas pobres, rara vez tienen aplicaciones industriales, pero se ha desarrollado una gama muy amplia de aleaciones con propiedades específicas adecuadas para aplicaciones industriales particulares.

En términos generales, las aleaciones son mezclas de un metal base (presente en mayor proporción) con otro u otros elementos metálicos o no metálicos, mismos que influyen en las propiedades de los metales (sobre la dureza o resistencia a la corrosión, por ejemplo).

Dependiendo de la composición química de un tubo podemos saber el tipo de metal con el que se está trabajando tal como se observa en la tabla siguiente:

	C	S	Si	Mn	P	Fe
Tubo 1	0.09	0.024	0.18	0.43	0.025	Bal
Tubo 2	0.10	0.022	0.20	0.41	0.022	Bal

Fuente: reporte de laboratorio, planta san José

Tabla 3. Composición química de una tubería.

Esta composición química indica que estos muy posiblemente corresponden con la especificación SA 178A o un SA-192, los cuales son comúnmente empleados como materiales de pared de agua en generadores de vapor.

2.7.8. Procedimientos de soldadura establecidos por la AWS

Dependiendo de los trabajos a utilizar, la AWS recomienda distintos procedimientos de soldadura los cuales dependiendo bajo que norma y código son aplicables a la soldadura de la tubería de caldera. Actualmente, nos basamos en el código de la AWS API 1104, código que rige las normas de tuberías y recipientes a presión.

Existen variables diversas para cada método de soldadura, dentro de todas ellas se pueden mencionar:

- Espesor de la pieza
- Calidad del acero al soldar
- Piezas con bordes preparados o no para recibir la soldadura
- Intensidad de la corriente
- Velocidad de avance

En la norma API 1104 de la AWS se establece una serie de prescripciones generales para que las uniones por soldadura posean la resistencia prevista.

Estas prescripciones indican:

- La limpieza de los bordes a soldar
- La calidad y estado de uso de los electrodos
- El precalentamiento del material para espesores considerables
- Orden de ejecución de los cordones
- Eliminación de escoria
- Condiciones del enfriamiento

Para las soldaduras es importante preparar los bordes, tareas previas necesarias para espesores entre 7 y 10 mm según la clase de electrodo a emplear.

El Procedimiento de Soldadura se realiza complementando las normas mencionadas, sobre todo para soldaduras que puedan presentar dificultades. En estos casos se fijan los parámetros específicos que ameritan, se realiza una muestra a tamaño real y, luego, se procede al ensayo con la muestra.

Si el conjunto con la unión conservan las mismas características que el material base (en relación al límite elástico, tensión de rotura, plegado, resistencia, etcétera), entonces se ha definido un procedimiento de soldadura.

2.7.9. Tratamiento térmico a utilizar según fabricante

El tratamiento térmico en el material es uno de los pasos fundamentales para que pueda alcanzar las propiedades mecánicas para las cuales está creado. Este tipo de procesos consisten en el calentamiento y enfriamiento de un metal en su estado sólido para cambiar sus propiedades físicas. Con el tratamiento térmico adecuado se pueden reducir los esfuerzos internos, el tamaño del grano, incrementar la tenacidad o producir una superficie dura con un interior dúctil. La clave de los tratamientos térmicos consiste en las reacciones que se producen en el material, tanto en los aceros como en las aleaciones no férricas, y ocurren durante el proceso de calentamiento y enfriamiento de las piezas, con unas pautas o tiempos establecidos.

Para conocer a qué temperatura debe elevarse el metal para que se reciba un tratamiento térmico es recomendable contar con los diagramas de cambio de fases como el de hierro-carbono. En este tipo de diagramas se especifican las temperaturas en las que suceden los cambios de fase (cambios de estructura cristalina), dependiendo de los materiales diluidos.

Los tratamientos térmicos han adquirido gran importancia en la industria en general, ya que con las constantes innovaciones se van requiriendo metales con mayores resistencias tanto al desgaste como a la tensión. Los principales tratamientos térmicos son:

- Temple
- Revenido
- Recocido
- Normalizado

Dentro de una caldera los aceros que conforman las distintas tuberías son varios, cada uno con distinta composición química y distinta forma de reparación.

En especial nos referiremos a la tubería denominada T91 la cual su procedimiento térmico recomendado por la AWS esta dado por la curva de la "S".

2.7.10. Ensayos no destructivos (END)

Los ensayos no destructivos son definidos, por la norma ANSI/AWS A3.0, como el objeto de determinar la adecuación de algún componente o material para su propósito previsto empleando técnicas que no afectan su utilidad. En el contexto del código de la sociedad americana de ingenieros mecánicos por sus siglas en inglés (ASME, American Society Mechanical Engineer), para calderas y recipientes a presión, se estipula que las actividades de control de calidad incluidas en las pruebas no destructivas deben referirse como exámenes si éstas son realizadas por parte del fabricante o contratista que produce los bienes, y que el término inspección queda reservado para las actividades que realiza el inspector autorizado ASME.

Los ensayos no destructivos END no inutilizan las piezas sometidas a ensayos ni afectan de manera permanente sus propiedades; su finalidad es evaluar la sanidad de las piezas inspeccionadas, esto es, su homogeneidad y continuidad, y de esta manera, contribuyen al cumplimiento de los requisitos de calidad y, por lo tanto, al aseguramiento de la integridad y confiabilidad de las partes examinadas.

Existen varios métodos de ensayos no destructivos (END) los cuales citamos a continuación:

- Inspección visual
- Líquidos penetrantes
- Partículas magnéticas
- Ultrasonido
- Radiografía
- Detección de fugas
- Pruebas térmicas e infrarrojas, etcétera

En este estudio se citará prueba de radiografía porque esa exige la norma de la AWS del código API 1104.

La radiografía, es un método para detectar discontinuidades internas y superficiales en juntas soldadas y piezas forjadas o fundidas, además de usarse en otro tipo de aplicaciones como médicas y de investigación.

En radiografía se emplea radiación para penetrar los objetos a examinar y producir una imagen de su interior, misma que se fija en algún medio de registro (película fotográfica o papel sensitivo) o puede ser desplegada en una pantalla fluorescente. En la mayoría de los procesos radiográficos convencionales involucran el empleo de radiación electromagnética y el registro de la imagen en película radiográfica.

En términos generales, este proceso es similar a la fotografía, con la diferencia principal que en radiografía se emplean rayos x o rayos gamma, cuya naturaleza es similar a la luz visible pero poseen menor longitud de onda y mayor energía.

La inspección básica por medio de radiografía requiere de los siguientes elementos esenciales siguientes:

- Una fuente de radiación
- El objeto a radiografiar
- El medio de registro o el dispositivo para desplegar imágenes
- Personal calificado
- Los recursos para procesar la película
- Personal certificado para interpretar las imágenes radiografiadas

La principal ventaja es que puede detectarse discontinuidades internas y superficiales.

Y como principal desventaja es que se requiere tener acceso por dos lados opuestos del objeto a inspeccionar además de requerir personal altamente entrenado capacitado y con experiencia.

2.7.11. Resultados de la soldadura

Luego de la aplicación de normas dadas por la AWS y el seguimiento de procedimientos establecidos, tanto por la empresa como por la AWS, lo que se espera de toda soldadura es que pueda ser radiografiada y demostrar que no quedaron poros o discontinuidades que afecten la estructura del material soldado y pueda ocasionar otros daños a la caldera, sin embargo, para poder estar seguros de que la soldadura aplicada puede ser autografiada y certificada es recomendable seguir una serie de pasos previos y durante el desarrollo del trabajo, como por ejemplo:

- Examinar la apariencia final de las soldaduras
- Medir el tamaño final de las soldaduras
- Determinar la longitud de las soldaduras
- Verificar la precisión dimensional de las piezas soldadas completas, ya que aunque las uniones soldadas no presenten defectos, si las piezas están fuera de las tolerancias dimensionales especificadas, no son útiles para el servicio para el cual fueron diseñadas y deben rechazarse
- Verificar las actividades de reparación y reinspección
- Asegurarse que las estructuras completas o uniones soldadas se sometan al tratamiento térmico posterior como (relevado de esfuerzos la mayoría de veces especificado)
- Verificar que la limpieza previa y posterior a las pruebas es la adecuada
- Recopilar, distribuir y archivar la documentación de resultados de la soldadura (reportes, certificados, y registros) de fabricación e inspección requerida
- En términos generales, verificar el cumplimiento de las partes fabricadas con respecto a las normas y dibujos

2.8. Localización de fallas

2.8.1. ¿Qué es una falla en una pared de tubos?

De acuerdo a literatura especializada y análisis de fallas ejecutados en cualquier industria del mundo, los modos de fallas comunes en tuberías de caldera acuatubulares son fractura por creep (fluencia), fatiga térmica o sobrecalentamiento de corta duración, así como la corrosión por picadura o generalizada tanto desde el lado de aguas como de fuegos.

Para determinar el mecanismo de falla que se presente en un determinado caso, se recomienda llevar a cabo análisis metalográficos, de composición química de residuos de corrosión o depósitos si los hay, y de composición del agua de alimentación y del combustible, esto para detectar posibles degradaciones de los tubos por sobre temperatura; identificar especies químicas corrosivas o corroborar materiales.

Las calderas al ser recipientes a presión deben construirse bajo normas especializadas, de las cuales las generadas por la ASME son las más utilizadas en nuestro medio.

2.8.2. Métodos para la detección de fallas

La falla de tuberías en generadores de vapor a base de combustibles fósiles ha sido un problema concurrente a lo largo de varias décadas, independientemente, de su capacidad de generación de vapor.

Existen métodos para mitigar este problema de deterioro, tales como: adición de aditivos en el combustible, selección de materiales, diversos sistemas de recubrimientos y lavados químicos de las superficies internas de la tubería. Posible causa del deterioro observado, así como posibles alternativas de solución.

Existen métodos para localizar una falla en una pared de tubos en una caldera, esto puede ser por medio de una inspección visual o por medio de aparatos como la pistola ultrasónica.

2.8.3. Método por pistola ultrasónica

Con este método, al realizar las aplicaciones típicas podemos hacer de una mejor manera el mantenimiento predictivo útil para la planta, además de que puede ser utilizado para poder escuchar a ciertas frecuencias las fugas de vapor en cualquier parte de la caldera.

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo, es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluidos, pérdidas de vacío; también podemos decir que ultrasonido pasivo es la tecnología que permite captar el ultrasonido de diversas fuentes.

El ultrasonido permite:

- Detección de fricción en maquinas rotativas
- Detección de fallas y/o fugas en válvulas
- Detección de fugas de fluidos
- Perdidas de vacío
- Detección de arco eléctrico

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20 a 20,000 Hz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en rango aproximado a los 40 Khz. frecuencias muy aprovechables en el mantenimiento predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes; por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del

ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40Khz., permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a 300rpm, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es, en ocasiones, complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 rpm.

2.8.4. Método por inspección visual

La inspección o examen visual es el método no destructivo más ampliamente usado en la industria; casi el 80% de las discontinuidades, defectos y deficiencias identificadas por medio de exámenes no destructivos se detectan con esta técnica.

Las normas sobre la capacitación, calificación y certificación del personal se refieren a la inspección visual en un sentido amplio que involucra diferentes tipos de materiales y procesos de fabricación, y no solamente los relacionados con la soldadura y otros métodos de unión.

La inspección visual se emplea principalmente para dos propósitos:

- Examen de superficies accesibles o expuestas de objetos opacos, lo que incluye la mayoría de materiales y de productos terminados y parcialmente ensamblados
- Examen del interior de objetos transparentes, tales como el vidrio, el cuarzo y algunos plásticos, líquidos y gases, vapor, etcétera

Para muchos objetos a examinarse, la inspección visual puede emplearse para determinar aspectos como la cantidad y forma, el tamaño, el

acabado superficial, la reflectividad, características del color, adecuación, características funcionales y la detección de discontinuidades e imperfecciones superficiales.

La inspección visual se emplea ampliamente en diversos campos y sectores de la industria como: siderurgia, generación de energía eléctrica, aeronáutica, cerámicas, plásticos, etcétera.

Las ventajas de utilizar este método son:

- Puede utilizarse antes, durante y después de la fabricación
- Mediante la inspección visual se detectan la mayor parte de las discontinuidades y se obtienen indicios de otras posibles discontinuidades, que de existir se detectarían más fácilmente con otros métodos
- El costo de esta inspección es menor que el de cualquiera de algún otro método de ensayo no destructivo
- Posibilita la reducción de costos y tiempos de fabricación

Dentro de sus limitaciones tenemos:

- Los beneficios que se pueden obtener de la inspección visual dependen de la experiencia y los conocimientos de soldadura e inspección que posea el inspector
- Para que resulte efectiva, el inspector debe estar familiarizado con los materiales, productos, requisitos, normas, procesos y procedimientos de soldadura involucrados con cada asignación específica de trabajo
- Este método está limitado a la detección de discontinuidades que afloran a la superficie

La inspección visual se hace a simple vista y, por lo tanto, no requiere de equipo alguno, aunque a veces se hace necesario o conveniente el empleo de espejos, lupas, endoscopios y métodos de registro fotográfico o vídeo.

2.8.5. Método por medición de espesores

Este estudio o medición, sirve para poder calcular el espesor real de un equipo, para determinar si dicho material, aún nos servirá para el trabajo que deseamos, o si soportará la presión con los fluidos que va a conducir o contener.

Evitando los siguientes riesgos:

- Deformaciones
- Fugas o fisuras
- Explosión

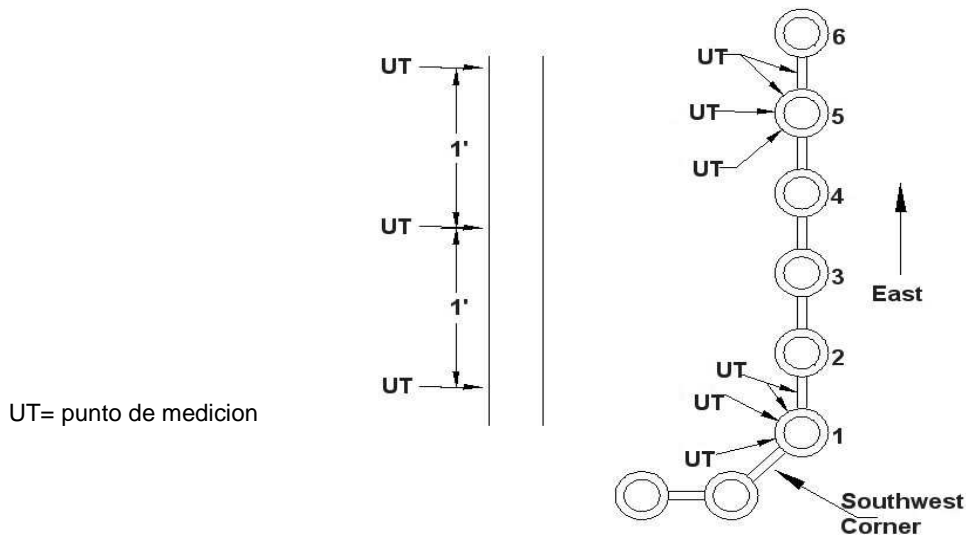
Los medidores mecánicos convencionales (Micrómetros) permiten medir espesores en el rango entre 0.01 y 25 mm con una exactitud de algunos micrómetros. La medición de espesores se puede efectuar con una precisión de algunas decenas de nanómetros.

El equipo para el monitoreo que nuestra empresa emplea es el "espesímetro" o medidor de espesores *T-Mike EM+*, con este equipo se puede medir espesores desde 0.1 a 50.00 mm. Por tanto, es ideal para realizar este tipo de mediciones.

En muchas aplicaciones, la primera ventaja que brindan las pruebas no destructivas es la posibilidad de medir con precisión el espesor de paredes en situaciones en las que sólo un lado de la pieza a examinar es accesible, como en los tubos o tanques, o también donde las simples mediciones mecánicas son imposibles o difíciles de realizar debido a diferentes razones, como las dimensiones de la pieza o la dificultad de acceso. Los medidores de espesor por ultrasonido se pueden emplear en prácticamente todos los materiales industriales, incluyendo en la mayoría de los metales, plásticos, vidrio, cerámica, caucho, fibra de vidrio y materiales compuestos.

Para lograr un eficiente mantenimiento predictivo y saber el espesor de nuestras paredes de tubos, se realiza esta medición cada paro de

mantenimiento programado, en el cual se llevan las lecturas de la siguiente forma:



Fuente: formato de medición de espesores planta san José

Figura 7. Esquema de medición de espesores de tubería de caldera

Con base en este diseño se programa una ruta de mantenimiento en todas las paredes de la tubería la cual se van tabulando los datos y se hace comparación de espesores entre un semestre a otro, comparados con el espesor de un tubo nuevo.

2.8.6. Análisis metalúrgicos

El examen metalúrgico incluye la observación microscópica para determinar el mecanismo y el sitio de inicio de la falla [falla termomecánica (TMF), fractura por fluencia (creep), corrosión, sobrecalentamiento, oxidación/corrosión]. Se realizan pruebas mecánicas y químicas para determinar si las propiedades del material cumplen con las especificaciones.

Los recursos de inspección metalúrgica incluyen entre otros, microscopios electrónicos y escáner óptico (SEMs, por sus siglas en inglés), para identificar los modos de falla ya sea en materiales, recubrimientos, soldaduras, análisis de falla y evaluación de vida útil de componentes.

Actualmente se hace en planta un estudio metalografico de las paredes de las tuberías que consiste en: enviar a laboratorio una muestra de tubería de 3 pies de largo, para ser analizada visualmente y fotografiada para saber las condiciones en la cual está la tubería, se corta un anillo de cada muestra y se analiza por medio de técnicas de laboratorio estándar, se evalúa la superficie externa e interna para observar incrustaciones y desgastes producidos por fricción.



Fuente: tubería de sobrecalentador utilizado en planta san José

Figura 8. Muestra de tubería para análisis metalúrgico

El no poseer un análisis metalúrgico adecuado o un mantenimiento predictivo con varios ensayos no destructivos, se corre el riesgo de tener fallas que afecten la operación y el equipo tal, como se muestra en la figura siguiente, que por falta de una lectura adecuada de espesor sucedió una explosión en la tubería teniendo que cambiar todo el sobrecalentador.



Fuente: tubería de sobrecalentador fallada de caldera, planta san José

Figura 9. Tubería de sobrecalentador fallada por desgaste

La tubería de cédula 80 quedó totalmente entorchada y fuera de servicio, dañando a otras piezas dentro de la caldera.

2.9. Seguridad industrial

2.9.1. Definiciones

Según página en Internet www.mitecnologico.com define la seguridad industrial como: una ciencia multidisciplinaria dentro de una empresa encargada de velar por que se cumplan todas las normas establecidas o reguladas por asociaciones externas tales como la OSHA, que son normas que velan porque la seguridad sea primero, antes de cualquier trabajo asignado.

2.9.2. Seguridad en la aplicación de soldadura

La soldadura está relacionada con casi todas las actividades industriales, además de ser una importante industria en sí misma. Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la

soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras.

Existen diversos procesos de soldadura, los que difieren en el modo en que se aplica la energía para la unión. Así, hay métodos en los que se calientan las piezas de metal hasta que se funden y se unen entre sí también que se calientan a una temperatura inferior a su punto de fusión y se unen o ligan con un metal fundido como relleno. Otro método es calentarlas hasta que se ablanden lo suficiente para poder unirlos por martilleo; algunos procesos requieren sólo presión para la unión, otros requieren de un metal de aporte y energía térmica que derrita a dicho metal, entre otros.

La mayoría de los procesos de soldadura, requieren la generación de altas temperaturas para hacer posible la unión de los metales envueltos. El tipo de fuente de calor es básicamente lo que describe el tipo de proceso, por ejemplo:

- Soldadura blanda
- Soldadura fuerte
- Soldadura por forja
- Soldadura con gas (oxiacetilénica)
- Soldadura con resistencia
- Soldadura por inducción
- Soldadura por arco eléctrico.

Los peligros relacionados con la soldadura suponen una combinación poco habitual de riesgos contra la salud y la seguridad. Por su propia naturaleza, la soldadura produce humos y ruido, emite radiación, hace uso de electricidad o gases y puede provocar quemaduras, descargas eléctricas, incendios y explosiones.

Algunos peligros son comunes tanto a la soldadura por arco eléctrico como a la realizada con gas y oxígeno.

Los peligros asociados con la tarea de soldar incluyen:

- El propio arco de soldadura cuya temperatura puede alcanzar 6000 grados centígrados
- Los rayos ultravioleta e infrarrojo pueden ser nocivos para el soldador y para las personas de su entorno. No es raro encontrar soldadores con quemaduras parecidas a las quemaduras producidas por el sol
- Los humos: su composición depende del material que está siendo soldado. El componente principal es el hierro, pero otros componentes en menores cantidades pueden representar un serio riesgo para la salud (como el manganeso y el plomo); el níquel y el cromo son cancerígenos
- La combinación de calor y gases puede suponer un riesgo de explosión
- En ambientes con elevadas temperaturas no se debería trabajar con soldadura

Para poder prevenir cualquier riesgo que exponga la salud ocupacional dentro del trabajo de aplicación de soldadura es necesario tener prevención.

Prevención

- Es informar sobre los riesgos específicos del tipo de soldadura que se utiliza
- Usar la técnica menos contaminante (por ejemplo pasar de la soldadura electrodo revestido a la de arco sumergido)

- Mantener una buena ventilación del local y aspiración localizada de potencia suficiente para llevarse los humos
- Limpiar o pulir las piezas antes de soldar para eliminar los aceites, barnices, disolventes

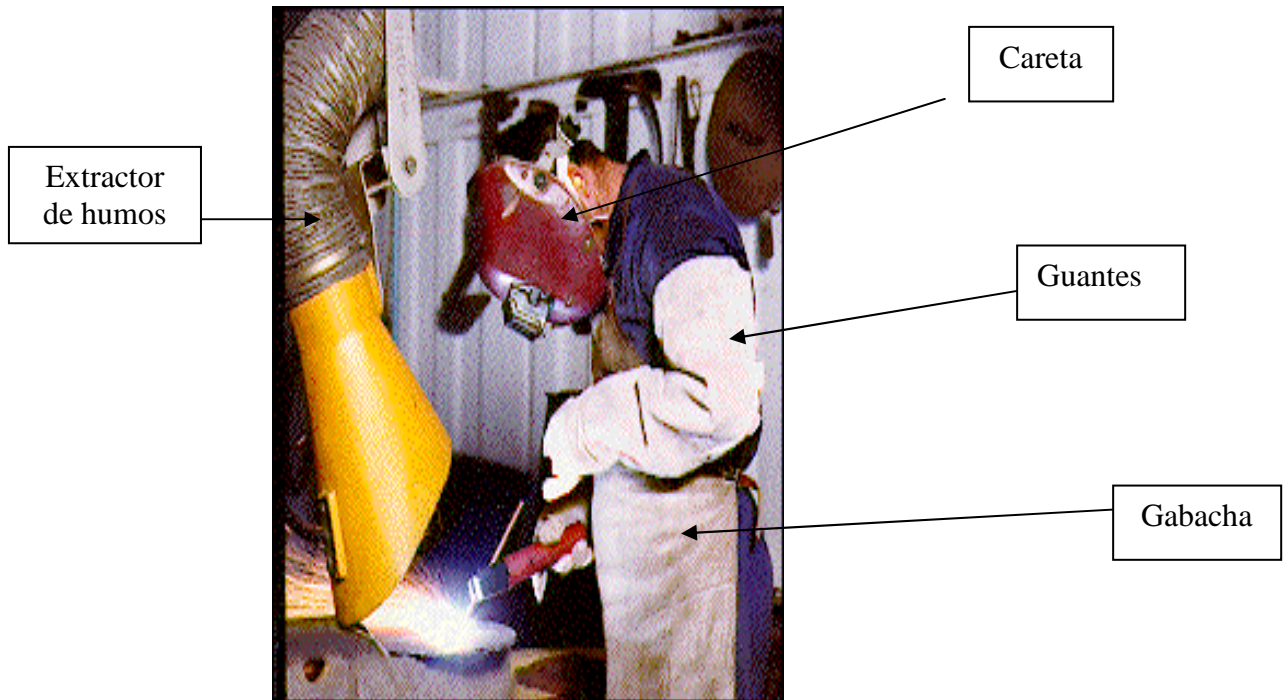
Utilizar equipo y ropa protectora. El equipo incluye: un casco con careta protectora de un cristal filtrante, como lo observamos en la siguiente tabla:

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA O TÉCNICAS RELACIONADAS	INTENSIDADES DE LA CORRIENTE EN AMPERIOS																								
	0,5	1	2,5	5	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	
Electrodos recubiertos							9	10	11				12				13		14						
MIG sobre metales pesados											10	11				12				13		14			
MIG sobre aleaciones ligeras											10	11				12		13		14		15			
TIG sobre todos los metales y aleaciones					9	10	11				12				13		14								
MAG											10	11	12	13				14		15					
Ranurado por arco de aire													10	11	12	13	14	15							
Corte por chorro de plasma													11		12		13								
Soldadura por arco de microplasma	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13		14				15						

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 75

Tabla 4. Grados de protección para filtros en soldadura electrica

guantes resistentes, un delantal de cuero; botas y polainas de cuero, Para asegurar su longevidad y capacidad de protección, todo el equipo y ropa protectora debe mantenerse limpio y en orden.



Fuente: tecnología de soldadura. Pág. 12

Figura 10. Equipo de protección adecuado para un soldador.

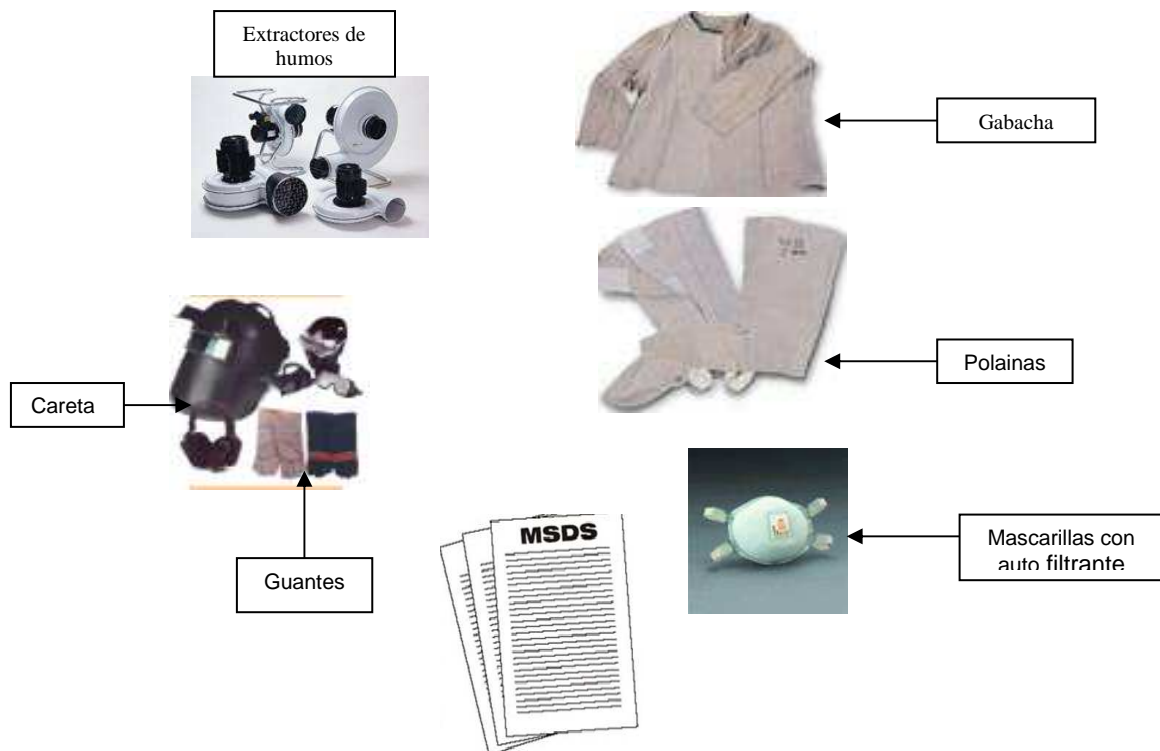
¿Qué significa evitar riesgos?

- Repasar las hojas de datos de seguridad del producto MSDS (por sus siglas en ingles Material Safety Data Sheet), estas hojas deben de contestar las siguientes preguntas:
 - ¿Qué es?
 - ¿Quién lo fabrica o distribuye?
 - ¿En donde se localizan?
 - ¿Por qué es peligrosa la sustancia?
 - ¿Cómo se puede exponer la persona al peligro?
 - ¿Qué condiciones aumentan el peligro?
 - ¿Cómo se maneja la sustancia en forma segura?
 - ¿Qué medidas hay que tomar en caso de exposición?
 - ¿Qué debe de hacerse en caso de derrame o emergencia?

Estas hojas deben de mantenerse en un lugar accesible y en la bodega de almacenaje donde se encuentre el producto, el ingeniero de seguridad

será el encargado de verificar y poner en práctica lo que contenga cada MSDS de los materiales que se estén trabajando.

- Limitar la exposición al producto
- Mantenerse en dirección opuesta al viento para evitar la exposición peligrosa
- Asegurarse de que los medios para controlar el peligro, como ventiladores, estén funcionando bien
- Ponerse equipo de protección (respiradores, protectores para la piel, guantes, polainas, gabachas)
- No demorar en poner queja a su supervisor sobre algún problema de salud



Fuente: manual de seguridad industrial 3M

Figura 11. Equipo para evitar riesgos a la salud

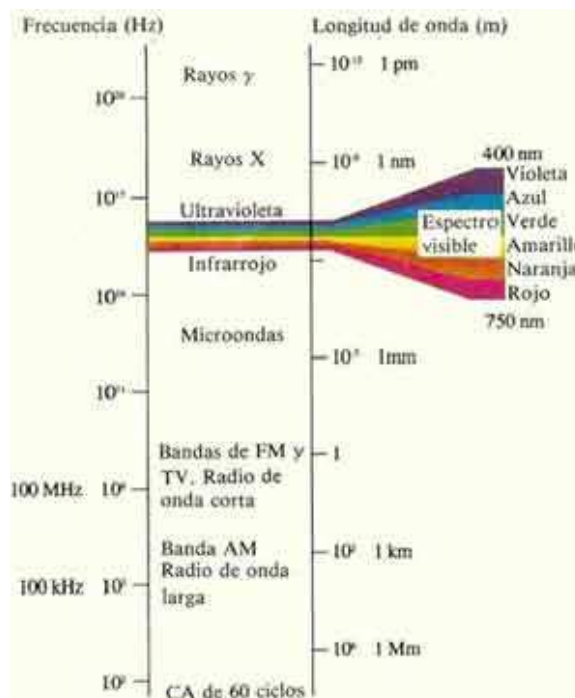
2.9.3. Seguridad en la aplicación de ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos son un método utilizado para asegurar la integridad de las soldaduras en acero, titanio, aluminio, etcétera, es posible detectar grietas, porosidades, penetraciones incompletas, inclusiones, socavamientos y defectos similares que pueden comprometer la resistencia de la soldadura.

En nuestro caso nos referiremos al ensayo no destructivo como lo es la radiografía y la seguridad que se debe de tener en cuenta al practicarla.

La humanidad ha estado siempre expuesta a la radiación ionizante de los rayos cósmicos y de otras sustancias radiactivas que se dan en la naturaleza.

En general, los programas de protección contra las radiaciones se atienden al principio de que cualquier radiación ionizante es perjudicial, sin embargo, para propósitos prácticos, y como la experiencia y la investigación han demostrado que si la exposición se mantiene por debajo del nivel no se producen efectos perjudiciales aparentes en el individuo.



Fuente: www.preventionworld.com

Figura 12. Radiaciones admisibles

Los equipos recomendados para la aplicación de la radiografía son los siguientes: dosímetros de cristal, dosímetros, cámaras de ionización, contador geiger, contadores proporcionales, contador de destellos. El más utilizado en la radiografía aplicada a la tubería es el dosímetro de bolsillo que es un instrumento de medición directa, utilizado para medir la radiación X y gamma. Puede ser adaptado para medir radiación de neutrones, en general, se utilizan dos dosímetros de bolsillo en el mismo individuo, para reducir la posibilidad de una falsa lectura cuando se toman las mediciones.

2.9.4. Normas aplicadas a la protección del medio ambiente

La necesidad de proteger el medio ambiente se tiene que convertir en hechos y no sólo palabras, más aún los principios de desarrollo sustentable lo requieren, las normas ISO 14000 requiere la participación de todo el ciclo operativo de la organización y va mucho más allá del concepto de control y otros establecido por otras normas. En ISO 14000 donde calidad y ambiente es responsabilidad integral de todos dentro de una organización. La Normativa Internacional aplica a todo tipo de organización y empresa ya sea servicio, manufactura (como fabricantes de productos), bancos, hospitales, aerolíneas, gobierno, departamentos de defensa nacional, etcétera. ISO 14000 requiere que se demuestre la responsabilidad mediante los requerimientos establecidos en la Normativa Internacional ISO 14001 contemplando la reglamentación y estatutos aplicables al alcance de la gestión operativa y comercial de la organización

Como la planta San José se esfuerza por el buen manejo de la materia prima al iniciar el proceso, durante la operación y finalizado el proceso de generar energía, para contribuir con la no contaminación del ambiente. Para ello se tiene una casa de filtros la cual es capaz de captar la ceniza y finos que puedan acompañar a los gases de escape y así evitar la contaminación a los alrededores.

Además de ello, contamos con una pila debidamente aislada de la tierra forrada con geotextil para almacenar todo el material de desecho que se tiene.

En cada procedimiento nos basamos a las normas establecidas en la ISO 14001 además de un estudio de impacto ambiental que lo demanda el gobierno y las autoridades que se ocupan del medio ambiente.

El sistema de evaluación de impacto ambiental: por su alcance y oportunidad es similar a un estudio de factibilidad técnica o financiera pero referida al contexto medio ambiental. Mediante este Sistema se obliga a los proyectos de inversión significativos (de tamaño considerable) tanto públicos como privados, previo a su ejecución, someterse a un testeo de impacto ambiental, a través de un estudio de impacto ambiental, lo que determinará la viabilidad ambiental del proyecto.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA, por sus siglas en ingles): es un estudio acabado y pormenorizado de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo, debe proporcionar antecedentes que permitan predecir, identificar e interpretar claramente el impacto ambiental, además de fundamentar las acciones que debe ejecutar el inversionista para impedir o minimizar algún efecto adverso que signifiquen la puesta en marcha del proyecto.

Los proyectos de inversión que deberán obligatoriamente presentar un Estudio de Impacto Ambiental, serán los que presenten las siguientes características:

- 1-** Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos
- 2-** Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire
- 3-** Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos
- 4-** Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar

5- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona

3. INVESTIGACION PROPUESTA

3.1. Ubicación de la planta

La planta está ubicada al sur del departamento de Escuintla, consta de una caldera, un generador y una turbina en su equipo de mayor cuidado, además de todo el equipo auxiliar necesario para la generación de energía eléctrica.

3.2. Descripción de la empresa

Central generadora San José es una planta dedicada a la generación de energía eléctrica, la cual su combustible es carbón mineral. Posee, dentro de planta, sistemas de almacenamiento del combustible que utiliza (parque de carbón) para asegurar que se dispone permanentemente de una adecuada cantidad de éste. Como se trata de una central termoeléctrica de carbón, este es previamente triturado en molinos pulverizadores hasta quedar convertido en un polvo muy fino para facilitar su combustión. De los molinos es enviado a la caldera mediante chorro de aire precalentado.

Es una planta con alto sentido en la conservación del ambiente, por lo que la aplicación de normas de la ISO14000 es parte obligatoria para todo el personal, su sistema de captación de cenizas y gases de combustión son bastante modernos y su mantenimiento se lleva a cabo en periodos definidos por el fabricante para la buena operación de los mismos.

3.3. Caldera

3.3.1. Descripción

Una caldera puede describirse como un generador de vapor o como “la combinación de equipos para producir o recuperar calor, junto con aparatos para transferir el calor disponible a un fluido” según el código ASME (por sus siglas en inglés American Society Mechanical Engineer)

Existen tres tipos de calderas: Acuatubular (en la cual el agua va por dentro de los tubos), Piro-tubular (en la cual el fuego va por dentro de los tubos).

Caldera de Fundición seccional (la caldera se compone de secciones huecas dentro de las cuales circula el agua). En nuestro caso, nos referiremos a las acuatubulares que es la caldera instalada en planta.

Las Calderas empleadas en plantas de proceso son: medio de calentamiento de fluidos o de aire, vaporización, trazado de vapor, deareación del agua, generadores de vacío, generadores de potencia en turbinas, (medio motriz) limpieza que es nuestro caso, etcétera.

3.3.2. Componentes esenciales de la caldera

Como todo equipo industrial la caldera posee partes esenciales:

- Hogar: sección que se encuentra en contacto directo con la flama. Un hogar es una cámara donde se efectúa la combustión. La cámara confina el producto de la combustión y puede resistir las altas temperaturas que se presentan y las presiones que se utilizan. Sus dimensiones y geometría se adaptan a la velocidad de liberación del calor, el tipo de combustible y al método de combustión, de tal manera que se haga lo posible por tener una combustión completa y se proporcione un medio apropiado para eliminar la ceniza.
- Quemadores: el propósito principal de un quemador es mezclar y dirigir el flujo de combustible y aire, de tal manera, que se asegure el encendido rápido y la combustión completa.

En nuestro caso los quemadores de carbón pulverizado, una parte del 15 al 25% del aire, llamada aire primario, se mezcla con el combustible para obtener un encendido rápido y actuar como un medio de transporte del combustible. La porción restante o aire secundario se introduce a través de registros en la caja de viento. A estos quemadores se les llama de tipo circular.

Este diseño tiene una capacidad hasta de 165 millones de Btu/h para el carbón.

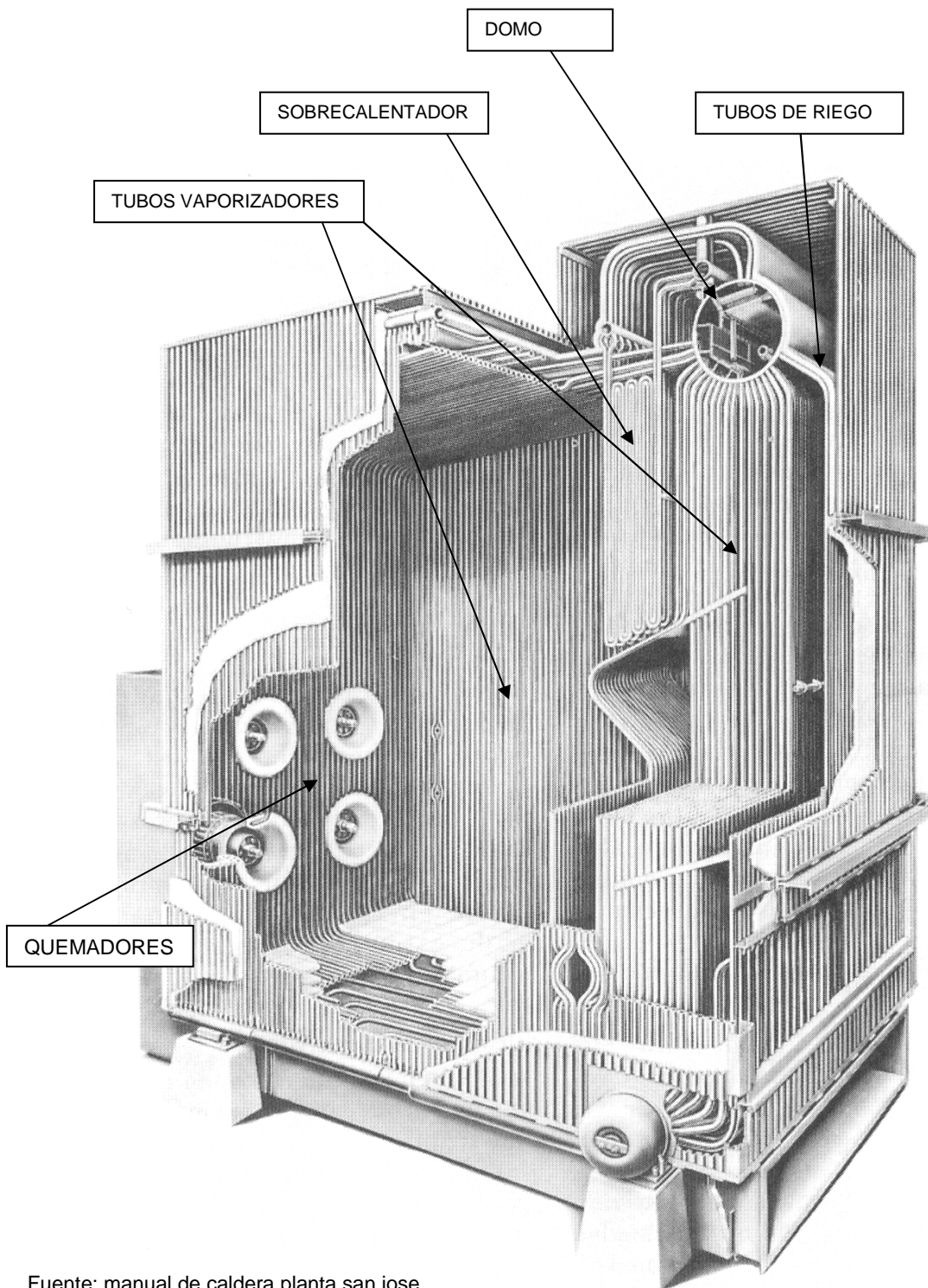
- Sopladores de hollín: aún cuando la escorificación y la incrustación de las calderas que queman carbón mineral puedan minimizarse mediante el diseño y la operación apropiados, debe suministrarse equipo auxiliar para limpiar las paredes del hogar y eliminar los depósitos de las superficies de convección, para mantener la capacidad y la eficiencia. Chorros de vapor de agua y de aire lanzados por las toberas de los sopladores de hollín desalojan la ceniza seca o sintetizada y la escoria, las que entonces caen en tolvas o se van junto con los productos gaseosos de la combustión al equipo de eliminación.

En nuestro caso, se tienen dos tipos de lanza fija y retractilé. Éstos varían en relación con su ubicación en la unidad de la caldera, la severidad de la ceniza o las condiciones de la escoria y la disposición de las superficies que absorben calor.

- Pulverizadores: por la capacidad de caldera un poco mayor a 100,000 lb. de vapor por hora, la combustión de carbón pulverizado es más eficiente, que el uso de los alimentadores, los cuales en menores capacidades de generación de vapor sí son rentables. En nuestra operación, se utiliza el sistema de inyección directa, en el que el carbón y el aire pasan de los pulverizadores a los quemadores, y la rapidez deseada de combustión se regula por la rapidez de pulverización. este tipo de pulverizador de inyección directa tienen la capacidad para moler 90 toneladas por hora.

El pulverizador proporciona la mezcla activa necesaria para secar el porcentaje de materia volátil en el combustible, éste tiene la relación directa con la temperatura recomendada del aire primario para la combustión.

3.3.3. Esquema de una caldera



Fuente: manual de caldera planta san jose

Figura 13. Esquema de una caldera acuotubular

3.3.4. Mantenimiento

Actualmente se realizan dos mantenimientos a la caldera al año, un mantenimiento preventivo en el mes de mayo y otro en el mes de noviembre.

La idea de estos mantenimientos es que en cada paro se revise cada uno de los equipos esenciales que compone la caldera, cambiando piezas desgastadas por calor fricción o por tiempo de vida, además de poder realizar una ronda de lecturas de espesores en las tuberías, con el fin de ir monitoreando posibles desgastes y así evitar fugas repentinas durante la operación normal.

Los problemas más frecuentes al abrir la caldera es el de ensuciamiento, contaminación y desgaste en el área de cenizas, que se origina durante la generación de vapor, esto significa un serio y costoso problema en la zona de alta temperatura.

La incrustación es un punto que con el control y mantenimiento adecuado del agua de alimentación puede ser reducida los efectos que ésta produce son:

- Debilita las paredes de la tubería provocando posibles fugas
- Reduce la eficiencia en la transferencia de calor
- Aumenta dramáticamente la presión del cabezal
- Aumenta el consumo del combustible

Debido al sobrecalentamiento de las piezas metálicas los tubos pantalla sufren deformaciones y provocan fallas, pudiendo llegar al caso de provocar una explosión.



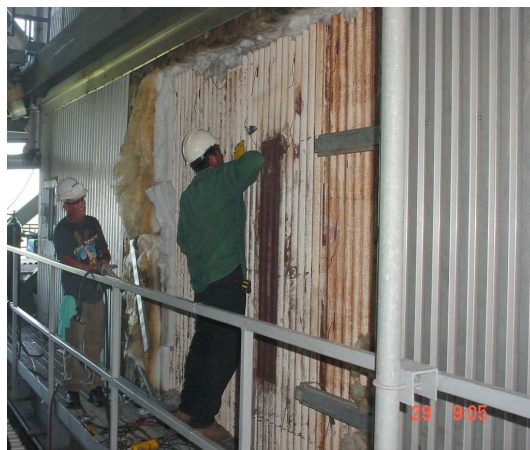
Fuente: tubería de caldera planta san José

Figura 14. Corrosión interna localizada en la pared de tubos

En nuestro caso, en cada paro de mantenimiento se corta varios pedazos de tubería de pared de caldera para su análisis metalúrgico recomendado y así saber el grado de incrustación que pueda tener la tubería.

Actualmente, según datos estadísticos, la caldera se encuentra libre de incrustación y corrosión proporcionando un rendimiento eficiente, lo cual redundará en ahorros en tiempo y dinero en la operación y el mantenimiento de la misma, y por si fuera poco brinda SEGURIDAD.

A continuación un ejemplo de la toma de muestra de un pedazo de tubo de la pared de caldera



Fuente: pared de tubería de caldera planta san José

Figura 15. Selección de tubo a cortar



Fuente: pared de caldera, planta san José

Figura 16. Tubería cortada para muestra



Fuente: tubería soldada, pared de caldera

Figura 17. Tubo nuevo con junta soldada radiografiada

3.4. Proceso de generación de energía

3.4.1. Descripción

Central generadora San José es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, mediante la combustión de combustible fósil (carbón), este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador (Generador) y producir energía eléctrica.

Posee dentro del propio recinto de la planta, sistemas de almacenamiento del combustible que utiliza (parque de carbón, depósitos de fuel-oil) para asegurar que se dispone, permanentemente, de una adecuada cantidad de éste. Como se trata de una central termoeléctrica de carbón, éste es previamente triturado en molinos pulverizadores hasta quedar convertido en un polvo muy fino para facilitar su combustión. De los molinos es enviado a la caldera de la central mediante chorro de aire precalentado.

Una vez en la caldera, los quemadores provocan la combustión del carbón, generando energía calorífica. Esta convierte a su vez, en vapor a alta temperatura el agua que circula por una extensa red formada por miles de tubos que tapizan las paredes de la caldera. Este vapor entra a gran presión en la turbina de la central, la cual consta de tres cuerpos (de alta, media y baja presión, respectivamente) unidos por un mismo eje.

En el primer cuerpo (alta presión) hay centenares de álabes o paletas de pequeño tamaño. El cuerpo a media presión posee asimismo centenares de álabes pero de mayor tamaño que los anteriores. El de baja presión, por último, tiene álabes aún más grandes que los precedentes. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, ya que éste va perdiendo presión progresivamente, por lo cual los álabes de la turbina se hacen de mayor tamaño cuando se pasa de un cuerpo a otro de la misma, hay que advertir, por otro lado, que este vapor, antes de entrar en la turbina, ha de ser deshumidificado. En caso contrario, las pequeñísimas gotas de agua en suspensión que transportaría serían lanzadas a gran velocidad contra los

álabes, actuando como si fueran proyectiles y erosionando las paletas hasta dejarlas inservibles.

El vapor de agua a presión, por lo tanto, hace girar los álabes de la turbina generando energía mecánica. A su vez, el eje que une a los tres cuerpos de la turbina (de alta, media y baja presión) hace girar al mismo tiempo a un alternador unido a ella, produciendo así energía eléctrica. Esta es vertida a la red de transporte a alta tensión mediante la acción de un transformador.

Por su parte, el vapor (debilitada ya su presión) es enviado a unos condensadores. Allí es enfriado y convertido de nuevo en agua. Esta es conducida otra vez a los tubos que tapizan las paredes de la caldera, con lo cual el ciclo productivo puede volver a iniciarse.

En el proceso termoeléctrico existe una clasificación de tipos de generación, según la tecnología utilizada para hacer girar los generadores eléctricos, en nuestro caso, es con vapor de agua que se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.

3.4.2. Combustibles

El petróleo, el carbón y el gas natural son los grandes protagonistas de la revolución industrial en nuestros días. De ellos depende la mayor parte de la energía de la industria y transporte. Actualmente, el 79,6% de la energía comercial proviene del petróleo, carbón y gas natural.

La gran variedad de diseños de unidades de generación termoeléctrica está asociada con los combustibles utilizados, los que comprenden una gran gama de recursos energéticos primarios no renovables y renovables.

Habitualmente, hablamos de tres eras energéticas, (leña, carbón y petróleo – gas) las que han tenido un papel decisivo en el desarrollo económico, en particular a partir de la revolución industrial.

La fuente tradicional de energía fue la biomasa (leña), pero durante el siglo XIX cedió rápidamente posiciones ante el avance del carbón, que logró desplazarla hacia 1890 para ubicarse en primer lugar por casi 80 años, a esta primera transición de la leña al carbón le sucede otra transición del carbón al petróleo y al gas.

Dentro de los diferentes tipos de energía utilizados en la actualidad, se tiene:

TIPO DE ENERGIA	% UTILIZACIÓN
Petróleo	35.8%
Carbón	23.7%
Gas Natural	20.1%
Biomasa	11.1%
Nuclear	6.6%
Hidroeléctrica, solar, eólica	2.7%

Fuente: presentación de tipos de energía INDE

Tabla. 5 diferentes tipos de energía utilizados en la actualidad

Circuito del combustible

Como parte de la generación de energía eléctrica, central generadora cuenta con un circuito del combustible, que puede definirse en varios pasos:

Transporte del combustible: El carbón es descargado en la inmediata cercanía de la sala de calderas, luego, el carbón es secado y llevado sobre cintas transportadoras hasta la casa de trituración, donde una máquina trituradora (pulverizadores) reduce las dimensiones de los trozos demasiado grandes en polvo al tamiz adecuado.

Para eliminar los trozos de hierro que se mezclan con el carbón durante la extracción y el transporte, el carbón pasa por un separador magnético.

Un sistema de cintas transportadoras lleva el combustible hasta una tolva, ubicada delante de la caldera. Su capacidad es dimensionada de modo de poder alimentar la caldera durante unas horas a plena carga.

Pulverización: antes de introducirlo en la caldera, se somete el carbón al procesamiento de pulverización, con lo cual se mejora su combustión y se aumenta el rendimiento de la caldera.

Combustión: del molino pulverizador, el carbón reducido a polvo muy fino fluye a los quemadores ubicados en los cuatro rincones o en frente de la caldera, el cual es transportado por medio de aire primario.

Al cumplir su función, el carbón ya quemado produce ceniza que se transporta de la siguiente manera: la ceniza cae en la parte inferior de la cámara de combustión, que tiene la forma de embudo, y de ahí se deriva por medio de tubería hacia el silo de descarga, la cual, es transportada luego hacia una pila de ceniza diseñada con las mejores normas de seguridad al medio ambiente.

3.5. Plan de contingencia

Elementos esenciales de un plan de contingencia

El plan de contingencia propuesto debe de incluir lo siguiente:

- Descripción del equipo sobre el que se quiere actuar
- Documentación de los trabajos anteriores realizados en el equipo
- Descripción y asignación de las tareas de las personas involucradas en el plan
- Descripción del equipo a utilizar en la reparación
- Definición de normas a seguir, tanto internas como de identidades relacionas con el trabajo a realizar
- Toda la documentación de prácticas que se han realizado con las personas involucradas
- Programación de capacitaciones constantes de todo el personal involucrado

3.5.1. Tipos de planes

El Plan de Contingencias establece los procedimientos y acciones básicas de respuesta que se tomarán para afrontar de manera oportuna, adecuada y efectiva en el caso de un accidente y/o estado de emergencia durante la operación de central generadora eléctrica. En este plan se describen también la organización, procedimientos, los tipos y cantidades de equipos, materiales y mano de obra requeridos para responder a los distintos tipos de emergencias.

Como parte de la política de medio ambiente, seguridad y salud ocupacional y en cumplimiento de las normas legales vigentes, se debe realizar una evaluación de riesgos, determinando aquellas actividades que por su nivel de peligro pueden impactar directa o indirectamente sobre la operación de la planta. Este análisis permitirá conocer el grado de vulnerabilidad y peligro de la actividad y la capacidad de respuesta para afrontar con éxito una contingencia.

El enfoque general considera la prevención como medida principal. En esta etapa los tipos de plan de contingencias son identificados así:

Contingencias Accidentales: originadas por accidentes en los frentes de trabajo y que requieren una atención médica especializada y de organismos de rescate y socorro. Sus consecuencias pueden producir lesiones incapacitantes o pérdida de vidas. Entre éstas se cuentan las explosiones imprevistas, incendios y accidentes de trabajo (electrocución, caídas, golpes, quemaduras, derrumbes).

Contingencias Técnicas: originadas por procesos operativos que requieren una atención técnica, ya sea de operación, construcción o de diseño. Sus consecuencias pueden reflejarse en atrasos y sobre costos para la operación. Entre ellas se cuentan los atrasos en programas, condiciones geotécnicas inesperadas y fallas en el suministro de insumos, desperfectos de materiales, fallas en soldaduras

Contingencias Humanas: ocasionadas por eventos resultantes de la operación de la planta y su acción sobre la población establecida en el área de influencia de la obra, o por conflictos humanos exógenos. Sus consecuencias pueden ser atrasos en la obra, paros locales y regionales, huelgas, dificultades de orden público, etcétera.

3.5.2. Personal involucrado (brigadas)

Todo el personal de ingeniería, mantenimiento y administración de central generadora eléctrica San José forma parte de la Organización ante Contingencias. Se incluye también al personal de operaciones durante turnos de fin de semana y nocturnos. Toda la brigada debe mantener coordinación con gerencia, contratistas externos (personal calificado contratado temporalmente) que conforman el apoyo externo.

En general, se pueden presentar situaciones de emergencia en dos escenarios:

- Durante el horario normal de trabajo de la central generadora (donde existen las mayores probabilidades de anomalías), en el cual se dispone de la mayor parte del personal para constituir y activar la organización de brigadas.
- Fuera del horario normal de trabajo, durante el cual la detección y comunicación de la contingencia y la toma de acciones iniciales estará a cargo de la cuadrilla de operaciones; hasta que el gerente de la central, el Supervisor y el resto del personal pueda llegar a la Central y constituir la organización del caso.

3.5.3. Organización de comité de respuesta ante una emergencia

Este comité debe estar formado por el líder del plan de contingencia, los responsables de las áreas afectadas, un soldador certificado, ayudante de soldador, el apoyo del personal de turno, el ingeniero de mantenimiento y

asistente de mantenimiento. Esta última deberá intervenir para certificar que los trabajos se están realizando de la manera establecida por la AWS y normas internas de planta así como la seguridad de las personas y equipos y la calidad comprometida del trabajo. Este personal será capacitado y equipado para proporcionar una respuesta inmediata ante cualquier emergencia

La decisión de desarrollar el plan debe estar en el más alto nivel de dirección, ya que constituye un tema de continuidad de operaciones.

La designación de los miembros debiera ser avalada por la más alta dirección dado que deberán comprometerse recursos y aprobarse procesos especiales.

Cada integrante se puede definir su función así:

- **Supervisor inmediato:** hace que se investiguen la causa de la emergencia y desactiva cualquier equipo involucrado, evacua personal prescindible del lugar según sea conveniente.
- **Ingeniero mantenimiento:** organiza las acciones y decide si se necesita apoyo externo para combatir la emergencia, informa al gerente de planta y operaciones.
- **Asistente de mantenimiento:** es el encargado de brindar la asistencia al ingeniero de mantenimiento, debe de poseer los conocimientos necesarios establecidos por la AWS, coordina el equipo que se utilizara en la reparación, da seguimiento al tramite de los permisos de espacios confinados
- **Soldador certificado:** técnico, con experiencia en el área de soldadura, es el encargado de realizar los trabajos de corte del segmento de tubo dañado, además de preparar el nuevo segmento a unir por medio de el procedimiento de soldadura correspondiente a la reparación establecido por AWS, este debe de ser certificado por un inspector de la aws pues ya que las soldaduras deben pasar radiografía para poder aceptar y estar seguros de que no se explotará ante la presión del vapor.

- **Monitor de seguridad industrial:** es el encargado de medir los riesgos de trabajo que se tengan donde se presente la falla, pues ya que se debe de seguir las normas aunque sea emergencia, encargado de medir la atmósfera, nivel de oxígeno al ingresar a la caldera.

3.5.4. Funciones al activarse el plan de contingencia

Coordinador de la emergencia

Asignado: ingeniero de mantenimiento

Alternativo: Asistente de mantenimiento

Funciones:

- Se ubica en el lugar del incidente, evaluando la situación y disponiendo de las acciones de repuesta
- Mantiene control sobre las operaciones de respuesta disponiendo de las acciones que fueren necesarias aplicar
- Sabe qué clase de tubería, materiales de aporte y composición química se tiene en esta pared donde se presentó la fuga
- Examina las piezas, la calidad de los materiales y los resultados de la soldadura aplicada.

Coordinador de equipo

Asignado: Asistente de mantenimiento

Alternativo: Coordinador de soldadura

Funciones:

- Dirigir las operaciones de control de emergencias, coordinando soldadores, materiales a utilizar, equipo, permisos de trabajos, turnos de trabajo
- Se mantiene en contacto con el coordinador de emergencia y se coordina por medio de las órdenes giradas por el coordinador
- Seguimiento de órdenes del coordinador de la emergencia, ejecutando órdenes y manteniendo informado al coordinador del desarrollo de los trabajos
- Verifica, constantemente, que se cumpla los procedimientos de soldadura se estén aplicando como el fabricante garantizando los buenos resultados del trabajo

Ingeniero de seguridad industrial

Asignado: ingeniero de seguridad

Alternativo: Asistente de ingeniero de seguridad industrial

Funciones:

- Velar por que se cumpla los procedimientos de seguridad establecidos por casa matriz, tales como charlas de seguridad, análisis de atmósfera, seguimiento al llenado de formatos de permisos de trabajo en caliente, velar por los ingresos a los espacios

confinados, verificar que el equipo de protección personal sea el adecuado

- Informar al gerente de planta que no hay peligro para las personas y que pueden ayudar a las personas que se encuentran establecidas en el plan de trabajo
- Velar porque el personal cuente con el equipo de protección personal de uso obligatorio en planta (casco, guantes, gafas de protección, botas punta de acero, protección auditiva, mascarilla para protección respiratoria, arnés para trabajos en altura, un radio intercomunicador).

Coordinador de soldadura

Asignado: Técnico en soldadura certificado interno

Alternativo: Supervisor externo de soldadura

Funciones:

- Coordinar los soldadores que trabajaran en la solución de la emergencia
- Coordinar maquinas de soldar, equipo manual, sky climber, equipo de corte, equipo de protección personal (caretas guantes, mascarillas para protección respiratoria, polainas, gabacha, camisa manga larga de lona, arnés para trabajo en altura), además de un radio intercomunicador para establecer comunicación entre el monitor de seguridad al estar dentro de caldera
- Asegurar el área de trabajo, para impedir que personas ajenas a los trabajos de soldadura puedan tocar y lastimarse por alguna razón.

Soldadores certificados

Funciones:

- Participa directamente en las acciones de la reparación, ejecutando los trabajos que se le asignen por medio del coordinador de la emergencia y/o coordinador de soldadura
- La aplicación de los cordones de soldadura debe ser exacta y como lo establecen los procedimientos de la AWS
- Mantenerse en contacto con sus superiores para saber los trabajos a ejecutar

Referirse al anexo 6, 7, 8 paginas 106 y 107

3.5.5. Formatos de control para seguimiento del plan

Para un mejor control del seguimiento del plan de contingencia es importante tener revisiones ordinarias, éstas deben ser documentadas en una solicitud de acción correctiva y las mejoras al plan deben ser registradas y comunicadas utilizando el formato de revisiones.

Es importante que las revisiones que se realizan deban sustentarse o basarse en las siguientes fuentes:

- Resultado de emergencias atendidas
- Evaluación de prácticas y simulacros de campo
- Estadísticas de Accidentes e Incidentes ambientales
- Investigaciones de accidentes e Incidentes ambientales
- Informes de Auditorias realizadas al sistema de seguridad industrial
- Reportes de simulacros realizados

- Solicitudes de Acciones Correctivas generadas con relación a mejoras al Plan de Contingencia
- Adquisición de nuevo equipo y personal

La revisión deberá a su vez evaluar los siguientes componentes del Plan:

- Verificar la eficiencia de los procedimientos de notificación
- Demostrar eficiencia para movilizar la respuesta necesaria dentro del tiempo requerido
- Demostrar capacidad en las funciones y responsabilidades del personal considerado dentro del Plan de Contingencias
- Demostrar capacidad de diagnóstico inicial de la emergencia (poro en soldadura, explosión en tubería, accidente personal)
- Capacidad para la protección del medio ambiente y eco-sistema de la zona
- Demostrar capacidad para el reciclaje o desecho apropiado de productos recuperados y materiales contaminados
- Capacidad para mantener y movilizar los equipos de contingencia
- Demostrar capacidad para la preparación de la documentación de las acciones de contingencia

Refirse al anexo 9 pagina 108.

3.5.6. Características técnicas de los equipos a utilizar

La soldadura está relacionada con casi todas las actividades industriales, además de ser una importante industria en sí misma. Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria automotriz, en la aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier tipo de producto hecho con metales.

El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles.

Para la soldadura GMAW se necesita una máquina soldadora de diseño especial. En lugar del ciclo usual de trabajo de 60%, funciona con un ciclo de trabajo de 100%. Se utiliza un rectificador para corriente continua o un generador, que funcionan con corriente continua de polaridad inversa (CCPI). Estas máquinas también son de voltaje constante, lo que significa que el voltaje cambiará muy poco, incluso con gran cambio en el amperaje. Cuando se utiliza una máquina de voltaje constante con el proceso GMAW, el amperaje se controla por velocidad de alimentación del alambre; cuanto mayor sea la velocidad, más alto será el amperaje. Con ello, el arco se ajusta por sí solo.

Mecanismo alimentador de electrodo: consta de un sistema de rodillos y engranes movidos por un motor. Si se gira el cuadrante en el alimentador de electrodo (alambre) para aumentar la cantidad que alimenta a la zona de soldadura, el amperaje se incrementa en forma automática, los mecanismos actuales son más complicados y no sólo controlan el amperaje sino también el flujo de gas y agua entre otras funciones.

Hay tres métodos para mover el electrodo: "empuje", "tracción" y una combinación de ambos. El método de empuje se emplea para alambres duros, como los de acero; el método de tracción es para alambres (electrodos) blandos, como los de aluminio. El método combinado de empuje y tracción se utiliza, a veces, en trabajos de construcción en donde no es posible llevar toda la máquina al sitio de trabajo y se necesitan cables largos. Los rodillos alimentadores se deben cambiar de acuerdo con el tipo y tamaño del electrodo que se emplee.

Electrodos: para la soldadura GMAW, igual que los normales para soldadura con arco, se fabrican para que coincidan con el tipo de metal que se va a soldar. Según sea el proceso que se utilice, los electrodos pueden ser de alambre macizo, desnudo, con recubrimiento de fundente o con núcleo de

fundente (alambre hueco con fundente en su interior). Los electrodos de alambre se designan con las clasificaciones CSA W48-4 y AWS A45-18.

Gases protectores: la finalidad de los gases protectores, es evitar la contaminación del metal de soldadura. Los gases protectores también influyen en el arco y en la profundidad de penetración y la cantidad de salpicaduras de metal que produzcan. Los tres principales gases que se emplean en GMAW son argón, helio y dióxido de carbono (o una mezcla de ellos), que genere el gas más eficaz y menos costoso que sea posible. El helio es el más costoso, seguido por el argón y el dióxido de carbono; sin embargo, el costo no es el único factor por considerar. El argón produce un cordón muy estrecho y el helio uno ancho. El dióxido de carbono produce un cordón más grueso que el argón, pero más delgado que el helio. Cuando se emplea sólo dióxido de carbono, suele producir un arco brusco con muchas salpicaduras. Sin embargo, una pequeña adición de argón estabilizará el arco y eliminará gran parte de las salpicaduras. El gas protector que utilice depende del proceso de soldadura, el tipo de metal base y los resultados deseados.

Fundamentos: la soldadura GMAW es similar a la SMAW y la diferencia radica en que en aquella el electrodo viene en un carrete o rollo y es continuo. Esto reduce mucho los pares y arranques para cambiar electrodos como en la SMAW. Una persona que ha soldado con arco con electrodos normales no tendrá dificultades para aprender el proceso GMAW. Una vez que se ha formado el arco, muchas de las técnicas aprendidas con la soldadura de arco se aplicarán a la GMAW. Un ejemplo es mover el electrodo con mayor velocidad a fin de producir un charco más pequeño, evitar quemaduras pasadas o disminuir la penetración. Igual que en la SMAW, escuchar el sonido del arco dará una idea de la calidad de la soldadura. De igual manera que con la SMAW es preferible tener un arco suave.



Fuente: manual de alimentador marca Miller

Figura 18. Alimentador para máquina de soldar marca Miller con accesorios.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA GMAW

Tipo de soldadura: GMAW (Gas Metal Arc Welding) Norma: AWS A5.1/API 1104	Posición: libre Consumible: Tungsteno puro
I. DESCRIPCION	
<p>Proceso de soldadura por arco, el cual es establecido entre un electrodo de tungsteno no consumible y el charco de soldadura. En este proceso se emplea gas de protección, no se aplica presión y puede usarse con o sin la adición de material de aporte. El electrodo de tungsteno se encuentra alojado en la antorcha a través de la cual también se alimenta el gas para proteger de la contaminación de la atmósfera al charco de soldadura fundida, al arco, al electrodo y al metal de soldadura solidificado pero aun caliente.</p>	
<p>El calor generado por el arco que se establece entre la punta del electrodo y la pieza de trabajo, funde el metal base y una vez que se produce el charco, la antorcha se mueve a lo largo de la junta y si se emplea metal de aporte, normalmente se adiciona por el extremo frontal (hacia donde se desplaza la antorcha) del charco para llenar la junta.</p>	
II. EQUIPO BASICO	
(1) Fuente de energía de corriente constante, alterna o directa	

- (2) Una antorcha con electrodo de tungsteno incluido
- (3) Botella de gas de protección
- (4) Regulador de presión
- (5) Medidor de flujo
- (6) Material de aporte (cuando es requerido)
- (7) Alimentadores de alambre (opcional)

Algunos equipos incluyen un pedal para el control de la corriente y para iniciar la corriente de alta frecuencia (cuando está se emplea), sistemas de circulación y enfriamiento con gas o agua para la antorcha y unidades de corriente de alta frecuencia.

III. EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

- Casco
- Careta con filtro de protección visual de acuerdo a la intensidad de la onda de los rayos ultravioleta
- Guantes de cuero flexibles
- Polainas
- Gabacha
- Camisa manga larga de lona
- Mascarillas especiales para filtrar humos y polvo
- Botas punta de acero

IV. PASOS PARA LA APLICACIÓN DE SOLDADURA GMAW

1. llenar el formato de permiso en caliente
2. realizar análisis de atmósfera
3. realizar un inspección visual 360 grados del área para verificar que materiales combustibles estén fuera del área
4. revisar los dibujos, normas establecidas para la reparación (si aplica)
2. identificar los planes de reparación
3. verificar que se tenga disponible y autorizadas por el ingeniero de mantenimiento las especificaciones de procedimiento de soldadura necesarias
4. asegurarse que el personal de soldadura esté listo y calificado
5. verificar que los materiales base cumplen con la especificación aplicable
6. asegurarse que los materiales de soldadura consumibles (electrodos, metales de aporte, gases y fundentes), especificados estén disponibles y

a temperaturas recomendables
7. se debe tener en cuenta el ajuste de los tubos en las juntas a soldar (ángulo de ranura, abertura de raiz, cara de ranura, alineación de la junta, respaldos, insertos y consumibles) es el requerido por el diseño o procedimiento de soldadura
8. cada soldador debe saber la ubicación exacta del equipo de soldadura necesario y su adecuación para aplicar los procedimientos establecidos
9. colocar el voltaje y amperaje de la maquina según lo indique el procedimiento de soldadura
10. contar con los electrodos del tipo y tamaño establecido por la norma API 1107 (prácticas de soldadura de mantenimiento de líneas de tuberías)
11. tener en cuenta la temperatura de precalentamiento y la temperatura entre pasos, especificadas por el procedimiento de soldadura cuando aplica
12. limpiar las juntas entre tuberías, removiendo escoria, grasas, aceites y polvo que pueda contaminar la soldadura nueva a aplicar
13. en soldadura de tubería es necesario que dos soldadores certificados inicien al mismo tiempo la aplicación de soldadura, por lo que se debe aplicar cordones de no mas de 1 pulgada según sea el diámetro del tubo, opuesto uno del otro, esto para evitar deformaciones por cambios de temperatura brusca
14. se debe aplicar un material de aporte en la base de la tubería con un material de aporte con características EXXX8 (E= electrodo, XX= resistencia mínima a la tensión en este caso 70,000 libras por pulgada cuadrada, X = todas las posiciones, 8= revestimiento bajo Hidrógeno, polvo de hierro)
15. entre cada cordón de soldadura se debe de limpiar la escoria que se incruste para evitar que al aplicar el cordón siguiente produzca poros y no pase la prueba de radiografía
16. al terminar la junta o soldadura se debe de aplicar radiografía al cordón para verificar que la penetración es la adecuada y que no existen poros por donde pueda fallar el cordón
17. si la radiografía revela una discontinuidad o poro en la soldadura es

necesario limpiar el área afectada y volver a aplicar la soldadura
18.al terminar la reparación se debe de volver aplicar radiografía para verificar que se corrigió la falla, si todo esta bien se da por terminado el trabajo
19.se procede a desmontar el equipo que se utilizo, tal como sky climber, desconectar cables de alimentación electrica, mangueras de aire etcétera
20.limpiar el equipo de soldadura tal como: antorchas, maquinas de soldar, alimentadores de alambre, pulidoras
21.se almacena todo en el cajón de soldadura y se tiene listo para un nuevo trabajo
22.se procede a llenar el reporte de trabajo para dejar constancia de todo el trabajo que se realizo
23.se procede con la colocación del material de aislamiento de la pared de tubos
24.se da por terminado el periodo de trabajo por lo que se procede con la entrega del permiso de trabajo en caliente a cuarto de control

Fuente: procesos de soldadura interna en planta

Amoladoras: se trata de máquinas portátiles, accionadas normalmente por energía eléctrica o aire comprimido, que, utilizando distintas herramientas de inserción, ejecutan trabajos muy variados sobre diversos materiales.

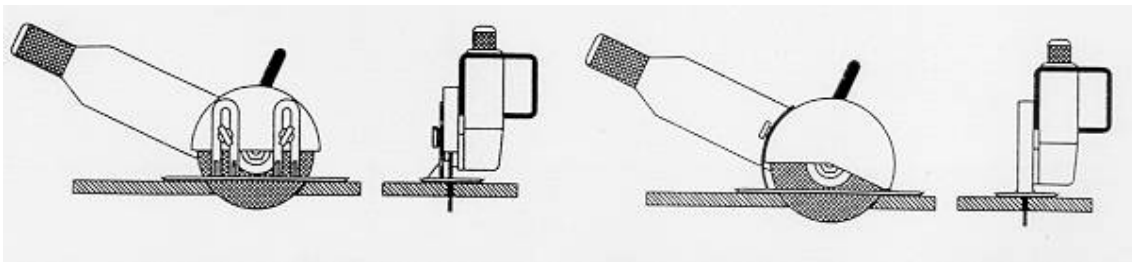
Entre los trabajos realizados se puede citar: tronzado, rebarbado, desbaste, ranurado, lijado, desoxidado, pulido, etcétera.

Entre los materiales trabajados: acero u otros productos metálicos, hormigón, piedra natural o artificial, productos de tierra cocida, fibrocemento, madera, etcétera

Las herramientas de inserción que utilizan son: discos de desbastar y tronzar, platos de goma con hojas de lijar, cepillos planos y de vaso, muelas de vaso, esponjas o fundas de pulir, discos de trapo, etcétera.

La elección de uno u otro modelo de amoladora estará en función de los trabajos realizar, materiales, potencia requerida, entorno de trabajo, etcétera.

Los fabricantes de estas máquinas aportan datos técnicos de cada uno de los modelos que comercializan, indicando: tensión nominal y frecuencia de la corriente de alimentación o presión de alimentación en las neumáticas, peso, trabajos para los que resulta especialmente apropiada, diámetros de las muelas o vasos, revoluciones en vacío, potencia absorbida y útil, accesorios, etcétera, además de otras ventajas comunes como "doble aislamiento", interruptor de seguridad para evitar conexiones imprevistas, sistemas que aseguran una marcha exenta de vibraciones, escobillas de desconexión automática, regulación electrónica del número de revoluciones, etcétera.



Fuente: manual de amoladoras marca Bosch

Figura 19. Amoladoras angulares

3.6. Procedimientos de soldadura

3.6.1. Normas AWS

La AWS (por sus siglas en ingles American Welding Society) se basa en una serie de normas que guía el actuar ante un proceso de reparación de presentarse una fuga en la pared de la caldera. En nuestro caso, nos regimos a las normas dadas por el código API 1104, el cual nos indica a que procedimientos regirnos.

A continuación ejemplo de algunas de las normas más utilizables en planta

<p>Soldar manualmente por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW), tuberías de acero al carbono, eje del tubo a 45° fijo progresión descendente</p>	<p>Preparar equipos, accesorios, herramientas y consumibles para soldar manualmente por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW) progresión descendente, de acuerdo a instructivos de la empresa, manuales de operación respectivos y procedimiento de soldadura calificado.</p> <p>Realizar los pases de: Raíz y caliente, progresión descendente, a juntas a soldar en tuberías de acero al carbono con soldadura por arco eléctrico manual y electrodo revestido (SMAW), de acuerdo a especificaciones del procedimiento de soldadura calificado.</p> <p>Realizar los pases de: Relleno y presentación, progresión descendente, a juntas a soldar en tuberías de acero al carbono con soldadura por arco eléctrico manual y electrodo revestido (SMAW), de acuerdo a especificaciones del procedimiento de soldadura calificado.</p>
---	--

Fuente: manual de normas API

Criterios de desempeño	Conocimientos esenciales
<p>A. La elección y acople de los equipos, herramientas, consumibles y accesorios para la soldadura con el proceso (SMAW), están de acuerdo con el procedimiento de operación y especificaciones de seguridad establecidas por la empresa.</p> <p>B. Los parámetros de operación de los equipos y accesorios se regulan según lo especificado en el procedimiento de soldadura calificado aplicable para realizar esta clase de juntas.</p>	<p>ELECTRICIDAD: Conceptos, clases, intensidad de corriente, fuerza electromotriz, resistencia eléctrica, polaridad, corriente constante, voltaje, resistencia, seguridad.</p> <p>Características de la corriente para soldar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • FUENTES DE PODER para procesos (SMAW) <p>Clases y tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ESTÁTICAS: transformadores simples, transformadores con rectificador, mixtas, inversoras, • ROTATIVAS: generadores, convertidores Cables para soldar: longitud, calibre,

<p>C. Los gases a utilizar para los equipos de corte, se seleccionan de acuerdo al procedimiento de soldadura calificado aplicable para realizar esta clase de juntas y se mantiene según los requerimientos de las normas legales sobre salud ocupacional.</p> <p>D. Los electrodos (aporte) a utilizar se seleccionan de acuerdo al procedimiento de soldadura calificado, aplicable para realizar esta clase de juntas y se mantienen según las normas establecidas.</p> <p>E. El entorno, equipos, herramientas, las prácticas de trabajo y el uso de los elementos de protección personal cumplen con los requerimientos de las normas legales sobre salud ocupacional.</p> <p>F. Las deficiencias y fallas de los equipos, accesorios y herramientas son identificadas y comunicadas a las fuentes apropiadas para su correspondiente acción.</p> <p>G. Las deficiencias y fallas de los equipos, accesorios y herramientas son identificadas y corregidas teniendo en cuenta el alcance establecido por la empresa.</p> <p>H. La programación del alistamiento de los equipos, accesorios y herramientas se cumple según el cronograma</p>	<p>capacidad, características.</p> <ul style="list-style-type: none"> • SEGURIDAD: ciclo de trabajo y mantenimiento primario de los equipos para soldar. • EQUIPOS: funcionamiento, manejo y mantenimiento primario de los equipos utilizados para: (cortar, calentar, ranura, desbastar, esmerilar, limpiar, biselar) aplicables en esta norma. • REGULADORES: para equipos de oxicorte, corte por plasma, <p>Clases, características, seguridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • PORTAELECTRODOS: Conexión a tierra y masa, conexiones generales del circuito para soldar, <p>Parámetros de operación y seguridad.</p> <p>ELECTRODOS REVESTIDOS: Concepto, longitudes, usos, versatilidad, eficiencia, rendimiento, diámetros, clasificación (AWS), Identificación, manejo, almacenamiento, recuperación, propiedades.</p> <ul style="list-style-type: none"> • PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA APLICABLE: Proceso (SMAW), Importancia, Contenido, alcance: (conceptos generales sobre: WPS, PQR, WPQ), variables: esenciales, suplementarias, y no esenciales, • almacenamiento de gases, operación correcta, clases de llamas, efecto de la llama en la junta soldada, presiones de trabajo, almacenamiento, transporte, seguridad. • Importancia e incidencia del cumplimiento de la programación establecida en los procesos de producción. • Reporte de novedades
---	--

<p>establecido por la empresa.</p>	<p>encontradas en las instalaciones, equipos y herramientas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de soldadura aplicable. • Procedimiento de trabajo aplicable. • Instructivo aplicable • Normas legales sobre salud ocupacional. • Códigos y normas aplicables: <p>API 1104, AWS: A5.12, A5.18, A5.1 NFPA, Números: 58, 51^a, 51,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manuales técnicos de: planta
------------------------------------	--

Fuente: manual de normas internas planta San Jose

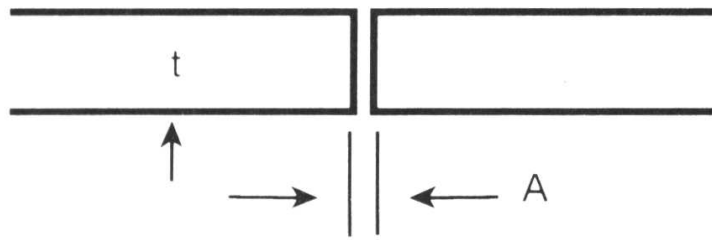
3.6.2. Procedimiento especial por composición química de tubería

Como todo material la aplicación de soldadura y el manejo de las propiedades deben de manejarse de acuerdo a las normas dadas por el fabricante. En las paredes de la caldera de planta se tiene distintas clases de materiales de composición de tubería: aceros al carbón, aceros especiales como el 304, aceros inoxidable.

Como procedimiento de soldadura utilizado en planta y establecido como norma en la tubería de acero inoxidable damos lo siguiente:

Para lograr una óptima resistencia en las soldaduras a topo deben de penetrar completamente, ya que en servicio cualquier rajadura o fisura puede provocar corrosión.

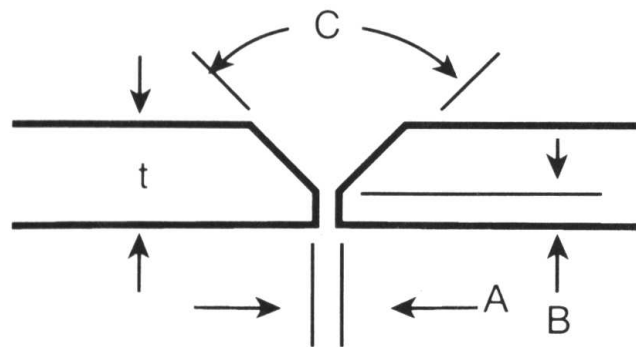
Como proceso de soldadura es importante tener en cuenta las juntas antes de aplicar el material de aporte



t máximo = 3.2 mm A = 0.8 - 2.3 mm

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 17

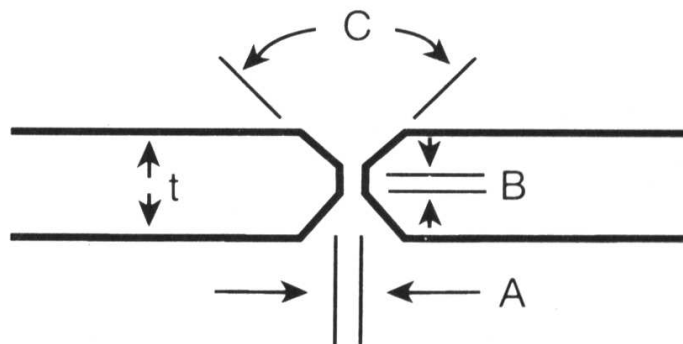
Figura 20. Junta para soldadura a tope de chapa



**t máximo = 12.7 mm A = 0.8 - 2.4 mm
B = 1.6 - 2.4 mm C = 60 a 80°**

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 17

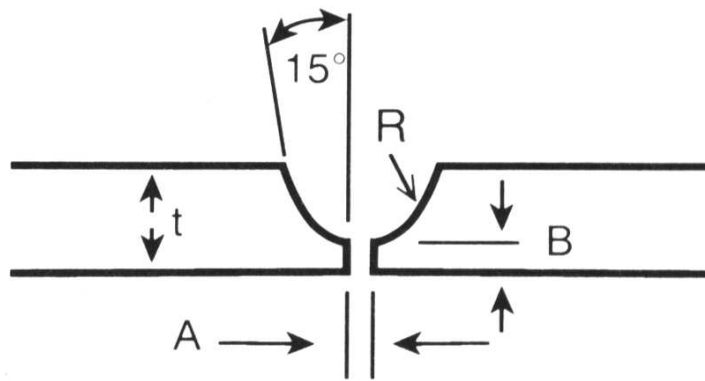
Figura 21. Junta en "V" para chapas y placas.



**t = 12.7 mm o mayor A = 0.8 - 2.4 mm
B = 1.6 - 2.4 mm C = 60 a 80°**

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 18

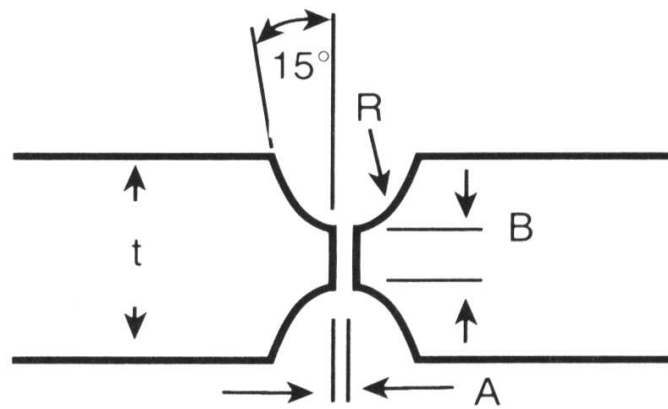
Figura 22. Junta doble "V" para placas



$t = 19 \text{ mm y más}$ $A = 1.6 \text{ mín.} - 3.2 \text{ máx. (mm)}$
 $B = 1.6 - 2.4 \text{ mm}$ $R = 6.4 \text{ mm mín.}$

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 18

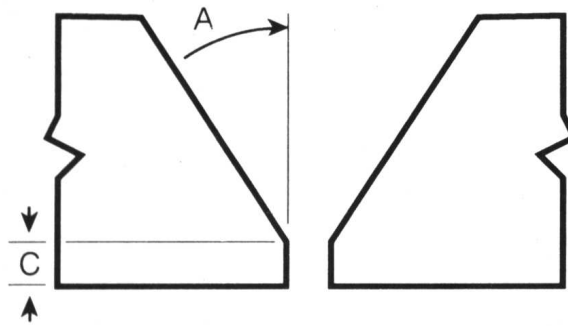
Figura 23. Junta "U" para placas.



$t = 19 \text{ mm y más}$ $A = 1.6 \text{ mm mín.} - 3.2 \text{ mm}$
 $B = 1.6 \text{ a } 2.4 \text{ mm}$ $R = 6.4 \text{ mm mín.}$

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 19

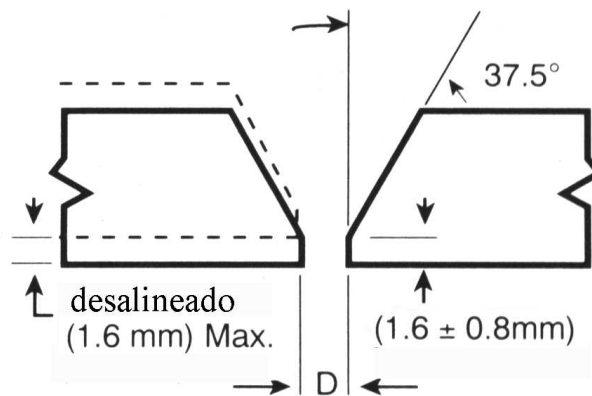
Figura 24. Junta doble "U" para placas



$$A = 37.5 \pm 2.5^\circ \quad C = 1.8 \pm 0.9 \text{ mm}$$

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 19

Figura 25. Junta para caños con inserto consumible.



D < diámetro del metal de aporte

D > diámetro del metal de aporte para el método de alimentación continua

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 20

Figura 26. Junta para caño sin inserto consumible

Limpeza en la preparación de la soldadura, el área que se limpia incluye los bordes y las juntas y 50 a 75 mm de la superficie adyacente. Una limpieza inapropiada puede causar defectos en la soldadura tales como: fisuras, porosidad o falta de fusión.

Actualmente, en planta se tiene el siguiente procedimiento el cual esta establecido por la composición química de los materiales.

ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA (WPS)
WELDING PROCEDURES SPECIFICATIONS.

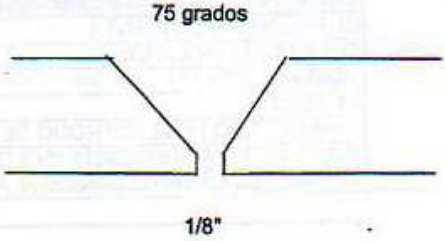
P1-A-(3-4)

REV: 0

PAGINA 1/3

INFORMACIÓN GENERAL (GENERAL INFO)	
COMPANIA DE CERTIFICACION:	
PROCEDIMIENTO (WPS NUMBER)	P1-A-93-4)
(SUPPORTING PQR)	verificar procedimientos de constructora
PROCESO (WELDING PROCESS)	SMAW
TIPO DE SOLDADURA (TYPE OF W)	MANUAL

JUNTAS (QW-402) (JOINTS)	
DISENO	VER DIBUJO
RESPALDO	
MATERIAL/RESPALDO	
RESPALDO PERMANENTE	



Ver pagina 3 para detalles adicionales de la junta

METALES DE BASE QW403 (BASE MATERIAL)	
NUMERO P (P NUMBER)	P#1 HASTA P#1
GRUPO NUMERO (GROUP NUMBER)	Grupo 1 y 2, Ver nota 2
RENGO DE ESPESORES (THICKNESS RANGE)	0.1875" hasta 1.500" , ver nota 3
DIAMETROS DE TUBERIA (DIAMETER RANGE)	Todos
SOLDADURA DE FILETE (FILLET WELDS)	Todos

MATERIAL DE APORTE QW404 (FILLER MATERIAL)		
PROCESO DE SOLDADURA	SMAW (E6010)	SMAW (E7018)
ESPECIFICACION (SFA)	SFA 5.1	
CLASIFICACION AWS (AWS CLASS No)	E6010	E7018
NUMERO F (F NUMBER)	3	4
NUMERO A (A NUMBER)	N/A	1
DIAMETRO DEL MATERIAL DE APORTE	3/32" - 5/32"	3/32" - 5/32"
MATERIAL DEPOSITADO POR CADA PASADA	< 1/2" Por paso	< 1/2" Por paso
RANGO DE ESPESORES	0.1875" hasta 1" ver nota 3	0.1875" hasta 1" ver nota 3

NOTAS:

Se requiere soldadura de respaldo previo a aplicar el E 7018 de este procedimiento , en la forma de metal depositado por soldadura, material base P#1 para penetracion parcial/o soldadura de filete. No se permiten anillos ni cintas metalicas permanentes a menos que se especifiquen en los planos o disenos.

No se esta permitido para materiales de base cuando se requiere ensayos de impacto.

Verifique el maximo espesor permitido sin tratamiento termico (PWHT) segun el codigo de fabricacion precalentamiento minimo 50 F (10 C) vea el codigo de fabricacion por requisitos de precalentamiento adicionales.

Fuente: hoja de control interno de procedimientos, planta San José

Figura 27. Procedimiento de soldadura interno en planta hoja 1

POSICIONES (QW-405)		PRECALENTAMIENTO (QW-406)	
POSICION DEL CORDON	Todas	PRECALENTAMIENTO MIN.	50 F, ver nota 4
POSICION DEL FILETE	Todas	TEMP. ENTREPASADAS MAX.	N/A
PROGRESION VERTICAL	Hacia arriba	PRECAL. SOSTENIDO CON	Flama Neutra

TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE SOLDAR (QW-407)	
RANGO DE TEMPERATURA	N/A
RANGO DE TIEMPO	N/A

GAS (QW-408)	TIPO DE GAS	COMPOSICION	FLUJO
PROTECCION (SHIELDING) (TRAILING)	Ninguno	N/A	N/A
RESPALDO (BACKING)	Ninguno	N/A	N/A

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)		SMAW E6010	SMAW E7018
CORRIENTE (CURRENT)		Directa	Directa
POLARIDAD (POLARITY)		Inversa	Inversa
VOLTAJE (VOLTS)		10 a 24	10 a 27
AMPERAJE		40 A 210	75 A 210
TAMANO/TIPO DE ELECTRODO DE TUNGSTENO		N/A	N/A
MODO DE TRANSFERENCIA (SOLO PARA GMA)		N/A	N/A
VELOC. DE ALIMENTACION DE ALAMBRE		N/A	N/A

TECNICA (QW-410)	
CORDON O ZIG-ZAG	Ambos son aceptables
OSCILACION	3 veces el diametro del electrodo (max. 5/8" de ancho)
PASADAS UNICAS O MULTIPLES (POR LADO)	multiples
ELECTRODO UNICO O MULTIPLE	unico
MARTILLADO (PEENING)	no se permite
LIMPIEZA INICIAL Y ENTREPASADAS.	martillado cepillo o pulidora segun haga falta
METODO DE REMOVER EL RESPALDO	esmeriladora
TAMANO DE ORIFICIO O REGULADOR DE GAS	N/A
DISTANCIA DEL ARCO (WORK-CONTACT DIST.)	N/A

PASADA	PROCESO	CLASE	DIAMETRO	POLARIDAD	VOLTAJE	AMPS	VELOC.
1	SMAW	E6010	3/32"	Inversa	10-13 v	40-120	2-4 IPM
2	SMAW	E6010	1/8"	Inversa	12-15v	70-150	3-8 IPM
3	SMAW	E6010	5/32"	Inversa	15-24v	100-210	3-8 IPM
4	SMAW	E7018	1/8"	Inversa	12-17v	90-125	3-8 IPM
LAS DEMAS	SMAW	E7018	5/32"	Inversa	15-27v	90-210	3-8 IPM

APROVACION	FECHA

Fuente: hoja de control interno de procedimientos, planta San José

Figura 28. Procedimiento de soldadura interno en planta, hoja 2

Cada procedimiento varia de acuerdo a la composición química del material de la tubería que se debe de trabajar. Estos procedimientos están basados en las normas AWS y procedimientos internos en planta.

3.6.3. Composición química de los materiales

Es necesario tener en cuenta la composición química de los materiales antes de aplicar cualquier tipo de soldadura en alguna reparación por realizar, ya que no todos los materiales reaccionan de la misma forma ante la aplicación de un material de aporte. La información de la planta sirve de referencia:

Tipo de gas	Mezclas típicas	Usos principales
Argón		Metales no ferrosos
Helio		Aleaciones de aluminio, magnesio y cobre
Dióxido de carbono		Aceros al carbono y de baja aleación
Argón - helio	20% - 80% He	Aleaciones de aluminio, magnesio y níquel
Argón y oxígeno	1-2% O ₂ 3-5% O ₂	Acero inoxidable, Acero al carbono y de baja aleación
Argón - dióxido de Carbono	20-50 % CO ₂	Acero al carbono y de baja aleación
Helio-argón-dióxido de carbono	90 He-7-1/ 2Ar-2-1/2 CO ₂ 60-70He-25-35Ar-5 CO ₂	Acero inoxidable (corto circuito) Aceros de baja aleación
Nitrógeno		Aleaciones de cobre

Fuente: hoja de referencia interna de uso de metales en planta

Figura 29. Gases de protección a utilizar dependiendo de la composición química del material

Tipo de electrodo	Diámetro del electrodo		Gas de protección	Corriente mínima para arco en rocío
	Pulg.	mm		
Acero dulce	0.030	.76	98% Ar-2% O	150
Acero dulce	0.035	.89	98% Ar-2% O	165
Acero dulce	0.045	1.1	98% Ar-2% O	220
Acero dulce	0.052	1.3	98% Ar-2% O	240
Acero dulce	0.062	1.6	98% Ar-2% O	275
Acero Inoxidable	0.035	.89	99% Ar-1% O	170
Acero Inoxidable	0.045	1.1	99% Ar-1% O	225
Acero Inoxidable	0.062	1.6	99% Ar-1% O	285
Aluminio	0.030	.76	Argón	95
Aluminio	0.045	1.19	Argón	135
Aluminio	0.062	1.6	Argón	180

Fuente: hoja de referencia interna de uso de metales en planta

Figura 30. Corriente de transición para materiales de distinta composición química

Como todo material es necesario nombrar a cada uno por su nombre industrial o por nombres comúnmente utilizados en el medio tal es el caso en planta que utilizamos la siguiente terminología de acuerdo a cada material.

TUBERIAS Y ACCESORIOS

TERMINOS USADOS REGULARMENTE EN TUBERIAS Y ACCESORIOS.

MATERIALES

ACERO AL CARBON:	NO LLAMARLO HIERRO NEGRO PUEDE USARSE PARA PLANCHAS, TUBOS, BARRAS ETC, ES FACIL DE SOLDAR Y NO ES QUEBRADIZO, EXISTEN MUCHOS TIPOS DIFERENTES, ES NECESARIO ESPECIFICAR LA ALEACION PARA USOS ESPECIFICOS. SI ES TUBERIA DEBE INDICARSE QUE CEDULA ES.
ACERO INOXIDABLE	INDICAR SI ES 304 O 316 U OTRO SE FABRICAN PARA DIFERENTES PRESIONES Y CEDULAS ESPECIFICAR TAMBIEN SI ES TUBO, PARA QUE PRESION ES Y SI ES CON COSTURA O SIN COSTURA, FLEXIBLE O RIGIDO. SIEMPRE TRAEN IMPRESO SU PRESION MAXIMA NO SIRVE PARA USAR CON CLORO NI ACIDO MURIATICO
HIERRO FUNDIDO	USADO PARA ACCESORIOS, CODOS, TEES, VALVULAS ETC SIEMPRE VIENE ROSCADO O CON FLANGES, NO ES SOLDABLE SIN PROCEDIMIENTO Y ESPECIAL ES QUEBRADIZO, NORMALMENTE LLAMADO HIERRO NEGRO
HIERRO NEGRO	FAVOR DE NO USAR ESTE NOMBRE PUES EN EL MERCADO SE LE USA TANTO PARA HIERRO FUNDIDO COMO PARA ACERO AL CARBON
BRONCE	USADO PARA ACCESORIOS, CODOS, TEES, VALVULAS ETC SIEMPRE VIENE ROSCADO O CON FLANGES, NO VIENE COMO ACCESORIOS PARA SOLDAR
BRONCE BLANCO	USADO PARA ACCESORIOS, CODOS, TEES, VALVULAS ETC SIEMPRE VIENE ROSCADO O CON FLANGES, NO VIENE EN ACCESORIOS PARA SOLDAR. NO CONFUNDIRLO CON ACERO INOXIDABLE
COBRE	USADO PARA ACCESORIOS, CODOS, TEES, VALVULAS ETC IDEAL PARA TUBERIAS DE AGUA FRIA O AIRE COMPRIMIDO SE TRABAJA SOLDADO POR LO GENERAL, ES DE PARED DELGADA Y EXISTEN ACCESORIOS ROSCADOS PERO DEBEN USARSE ADAPTADORES PARA SOLDARLOS A LA TUBERIA. SE SOLDAN CON VARILLAS DE PLATA, FUNDENTE Y OXIACETILENO.
ACCESORIOS DE COBRE	INDICAR SI ES RIGIDO O FLEXIBLE ROSCADO O PARA SOLDAR.
TERMINOS VARIOS RELACIONADOS:	
ROSCADO	INDICA QUE DEBE TENER UNA ROSCA ESTANDAR PARA HACER LOS ENSAMBLES CON OTRAS PIEZAS COMPATIBLES
ROSCABLE	INDICA QUE NO TIENE ROSCAS PERO QUE SE LE PUEDEN HACER INDICA TAMBIEN QUE TIENE PARED GRUESA Y SUFICIENTE RESISTENCIA COMO PARA NO ROMPERSE AL SER ROSCADO SE APLICA A TUBERIAS DE PARED GRUESA CEDULA 20,40 O MAS
SOLDABLE	INDICA QUE EL MATERIAL ES ADECUADO PARA SOLDARSE POR METODOS TRADICIONALES, PUEDE TENER ROSCA, FLANGE, O SER PARA SOLDAR.
PARA SOLDAR TIPO SOCKET-WELD	ACCESORIOS QUE PERMITEN QUE EL TUBO ENTRE VARIOS MILIMETROS EN ELLOS PARA SOLDARLO DIRECTAMENTE NO TIENEN ROSCA.
PARA SOLDAR TIPO BUTT-WELD	ACCESORIOS QUE TIENEN BORDES BISELADOS PARA SOLDARLOS DIRECTAMENTE EN LA PUNTA DEL TUBO, SIN QUE ESTE PENETRE EN EL ACCESORIO.

Fuente: manual de términos utilizados internamente en planta

Figura 31. Terminología de los materiales utilizados en planta

3.6.4. Materiales de aporte

Los electrodos se seleccionan en base al metal a soldar y de acuerdo con el tipo de recubrimiento. Normalmente, son de una aleación de la misma composición que el metal de base o más alta. En algunos casos, por razones de diseño, se utilizan electrodos de aleaciones especiales. El tipo de recubrimiento del electrodo, generalmente, se deja a criterio del fabricante.

La fórmula del recubrimiento del electrodo es una información celosamente guardada por el fabricante de éstos. El recubrimiento influencia cómo el electrodo opera en distintas posiciones, formas y uniformidad del cordón de soldadura. Hay dos clasificaciones básicas: 15 (óxido de calcio) y 16 (óxido de titanio).

La mejor selección de los materiales de aporte para la aplicación de soldadura dan como resultado una buena aleación, en planta se utiliza los electrodos en la soldadura manual donde el tiempo no es factor importante y la presión y área de trabajo no son tan trascendentes en la operación de la planta, además utiliza los rollos o bobinas en la soldadura automática, donde el área nos los permite y el tiempo que tenemos es reducido pues ya que con esta maquina el tiempo de paliación de soldadura se reduce en un 30%.

Esto adicional a prácticas convencionales de control de calidad para asegurar la limpieza de los alambres y no mezclar la calidad de uno y otro, estos alambres se limpian y almacenan en lugar libre de polvo y humedad.

Composición típica de los metales de aporte para aceros inoxidable dúplex

Nombre común del metal de aporte (UNS)	Para soldar metal base	C	Cr	Ni	Mo	Otros
Electrodos recubiertos						
2209-16 (1) (W39209) tentativo	2205 (S31803)	0.03	23	9.7	3.0	0.10 N
22.9.3.L-16 (2)	3RE60 (S31500)	0.03	22	9.5	3.0	0.15 N
22.9.3.L-15 (2)	2205 (S31803)					
22.9.3.LR	2304 (S32304)					
7-Mo PLUS enriquecido en Ni (3)	7-Mo PLUS (S32950)	0.03	26.5	9.5	1.5	0.20 N
FERRALIUM 255 (4) (W39553) tentativo	FERRALIUM 255 (S32550)	0.03	25	7.5	3.1	0.20 N 2.0 Cu
Alambre desnudo						
22.8.3L (2)	3RE60 (S31500) 2205 (S31803) 2304 (S32304)	0.01	22.5	8.0	3.0	0.10 N
7-Mo PLUS enriquecido con Ni (3)	7-Mo PLUS (S32950)	0.02	26.5	8.5	1.5	0.20 N
FERRALIUM 255 (4) (S39553) tentativo	FERRALIUM 255 (S32550)	0.03	25	5.8	3.0	0.17 N
Zeron 100 (5)	Zeron 100 (S32760)	0.03	25	10*	3.5	0.25 N 0.7 Cu 0.7 W
Alambre con alma rellena						
In-flux 2209-0 (1) (W31831)	2205 (S31803)	0.02	22.0	8.5	3.3	0.14 N
In-flux 259-0 (1)	FERRALIUM 255 (S32550)	0.02	25.0	10.0	3.2	0.14 N 2.0 Cu

(1) 2209-16, In-flux 2205-0 e In-flux 259-0 son marcas de Teledyne McKay

(1) 22.9.3.L-16, 22.9.3.L-15, 22.9.3.LR y 22.8.3.L son marcas de Sandvik AB

(2) 7-Mo PLUS es una marca de Carpenter Technology Corporation

(3) FERRALIUM es una marca de Langley Alloys, Ltd.

(4) Zeron 100 es una marca de Weir Material Services, Ltd.

* Cuando la junta es tratada térmicamente después de la soldadura, el Ni deberá ser 6.0-8.0%

Fuente: inspección de soldadura. Pág. 105

Figura 32. Composición química de los materiales de aporte utilizados en planta.

3.6.5. Equipo de soldadura eléctrica

El equipo de soldadura eléctrica o la máquina de soldar debe ser la adecuada para poder transmitir la potencia necesaria en el proceso a utilizar en una reparación, en planta se tiene las máquinas Miller la cual es la adecuada

Lo estándar es utilizar corriente continua, con electrodo negativo. Una opción es utilizar corriente pulsante, que es adecuada para soldar materiales finos y para juntas que no están bien alineadas. La corriente pulsante es también útil para realizar la pasada de raíz en soldadura de cañerías. Las fuentes de potencia normalmente cuentan con un dispositivo de encendido de alta frecuencia. Esto permite que el arco se encienda sin tener que tocar la

superficie, lo cual puede resultar en una contaminación del electrodo de tungsteno.

Algunas fuentes tienen un dispositivo que permite que el electrodo sea posicionado sobre el trabajo, pero el arco no se enciende hasta que la torcha sea levantada.

Una ventaja sobre el encendido por alta frecuencia es que elimina la posible interferencia sobre componentes cercanos, tales como computadoras y componentes electrónicos.

Además de los controles para la intensidad de corriente en el tablero de la fuente, a menudo es útil tener un dispositivo de control de intensidad por medio de un pedal. Este dispositivo permite al operario aumentar o disminuir la corriente durante el transcurso de la soldadura, para ajustarse a las condiciones, como puede ser una junta desalineada. Una ventaja adicional es que permite el apagado del arco reduciendo la intensidad de corriente. Las torchas son enfriadas por aire o por agua. Las enfriadas por aire están limitadas a un rango de corrientes más bajo que las enfriadas por agua. Los electrodos más comunes son los de tungsteno con un 2% de torio, debido a sus excelentes propiedades de emisividad, aunque se utilizan electrodos de tungsteno con otros agregados.

Las opiniones difieren en cuanto al tamaño de los electrodos para diferentes amperajes. Algunos están a favor de utilizar diferentes diámetros para rangos de corriente diferentes, mientras otros usan un diámetro de 2.4 mm para un rango de corriente mucho más amplio. También varían las preferencias en cuanto a la terminación de la punta del electrodo, pero una de las usadas más comúnmente es un afilado entre 20 y 25° con el extremo despuntado a 0.25 mm de diámetro. Las toberas o copas gaseosas vienen en una amplia variedad de tamaños y formas, y es mejor adaptar la tobera a la aplicación. Los diámetros de copa más grandes proveen mejor protección gaseosa, mientras las más pequeñas ayudan a mantener un arco más estable y permiten una mejor visibilidad. Una alternativa es el lente gaseoso, el cual

crea un flujo laminar mediante pantallas especiales dentro de la tobera. El flujo de gas inerte se proyecta a una distancia considerable de la punta de la tobera, dando una mejor protección gaseosa y buena visibilidad.

Con cualquier proceso de soldadura que utilice gas inerte, es importante revisar todas las conexiones para asegurar que no existan pérdidas en el sistema. Si existiera una pérdida, por ejemplo en la línea de gas, el aire será aspirado dentro de ésta, a pesar que se crea lo contrario.

Comparación de modos de transferencia de arco en la soldadura TIG

	Spray	Corto Circuito	Arco Pulsado
Espesores	3 mm mínimo 6 mm y más	1.6 mm y más	1.6 mm y más
Posiciones	Plana y horizontal	Todas	Todas
Velocidad relativa de deposición	La más alta	La más baja	Intermedia
Diámetro típico del alambre	1.16 mm	0.8 ó 0.9 mm	0.9 ó 1.2 mm
Corriente típica de soldadura	250 - 300 amperios	50 - 225 amperios	Arriba de picos de 250 amperios
Escudo gaseoso (1)	Argón - 1% oxígeno	90% helio	90% helio
	Argón - 2% oxígeno	7.5% argón	7.5% argón
		2.5% CO ₂	2.5% CO ₂
		o	o
		90% argón	90% argón
		7.5% helio	7.5% helio
			o
			argón - 1% oxígeno

(1) Se usan otras mezclas de gases, sin embargo, el escudo gaseoso debe contener al menos 97.5% de gas inerte, por ej. argón, helio o una mezcla de los dos.

Fuente: Inspección de soldadura. Pág. 107

Figura 33. Comparación de modos de transferencia de arco en la soldadura TIG

3.6.6. Equipos para gas Argón.

El proceso TIG (Tungsten Inert Gas, por sus siglas en ingles) es adecuado para soldar acero inoxidable. Un gas inerte (Argón) se usa para proteger del aire al metal fundido de la soldadura. Si se necesita, se agrega metal de aporte en forma de alambre dentro del arco, bien manual o automáticamente.

Con este proceso se puede soldar materiales tan finos como algunas centésimas hasta espesores grandes, pero normalmente se usa hasta 1/4" (6.4 mm).

En combinación con el equipo de soldadoras eléctricas el equipo de gas Argón utiliza las mismas fuentes de potencia, mecanismos de alimentación de alambre que se usan para la soldadura de aceros ordinarios.

El proceso MIG y TIG deben controlar más parámetros que con la soldadura con electrodos recubiertos, tales como: amperaje, voltaje, pendiente de corriente, alimentación de alambre, velocidad de pulsos y modo de transferencia del arco. Consecuentemente, las fuentes de potencia para la soldadura MIG y TIG que utilizan Argón son más complejas y costosas.

Consumibles: el gas que se usa como protección para el arco spray en planta, normalmente, es Argón con 1 o 2% de Oxígeno. Las soldaduras por arco en cortocircuito y pulsado usan una gran variedad de escudos gaseosos. Una mezcla popular en Norteamérica es 90% Helio, 7.5% argón y 2.5% CO₂; pero en Europa, el helio es bastante caro y se usa ampliamente una mezcla de 90% argón, 7.5% Helio y 2.5% CO₂. Cualquiera sea la combinación, el gas de protección debe contener al menos un 97.5% de gases inertes (Argón, Helio o mezcla de los dos). El dióxido de carbono no debe exceder el 2.5%, o la calidad de la soldadura y la resistencia a la corrosión podrán verse reducidas. Los metales de aporte a ser usados en la soldadura con gas Argón se encuentran en los diámetros más comunes que son 0.9 mm, 1.2 mm y 1.6 mm.

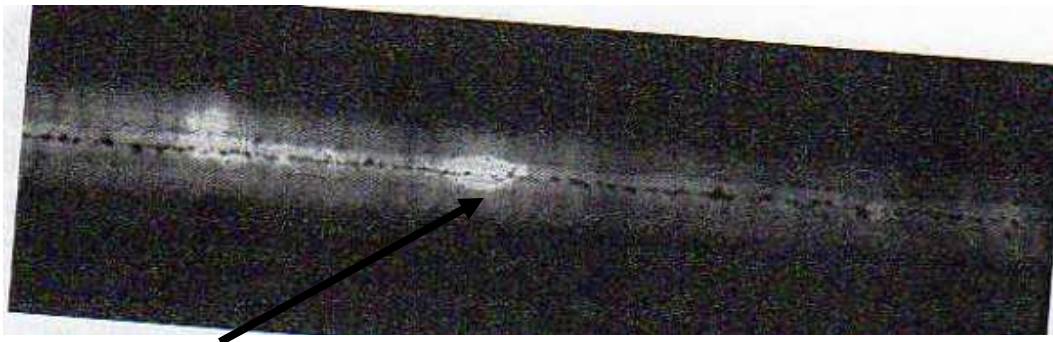
3.6.7. Radiografía

La forma usual de inspección de soldaduras se realiza actualmente mediante la realización de una radiografía con rayos X o con rayos gamma, el examen de éstas por medio del negatoscopio e inspección visual de un profesional que por medio de cartas de comparación valida o no la soldadura.

La idea es observar y buscar aquellas formas que responden a lo que se denomina poros en la soldadura. Además, siguiendo las normas AWS de soldadura determina el tamaño máximo del poro, el tamaño medio de los poros, la porosidad aislada y al final valida la soldadura clasificándola en tres grupos como indican las normas.

En planta cada soldador antes de la aplicación de una soldadura este debe realizar una prueba para cumplir con las especificaciones de calificación en soldadura, tales como la AWS, ASME y ASTM, los soldadores deben pasar por un programa de entrenamiento previo, el cual no sólo es esencial antes de tomar las pruebas de calificación, sino que también aseguran la calidad en la ejecución de la soldadura.

Ejemplo de radiografía en un cordón de tubería.



Porosidad

Fuente: tecnología para el inspector de soldadura. Pág. 9-6

Figura 34. Porosidad en un cordón de soldadura

3.6.8. Reporte de trabajo

Es importante tener en cuenta que la retroalimentación de los trabajos es esencial para poder llevar un buen control de mantenimientos ya sean correctivos o preventivos, es por ello, que en planta se hace necesario el control de un reporte de trabajo el cual incluya todos los pasos y permisos que se utilizaron durante la reparación así como el equipo, procedimiento, material de aporte y autorizaciones previas.

La idea es poder entregar un reporte en el cual se facilite al planificador de mantenimiento el control de las reparaciones que se le han hecho a la caldera para así poder entregar un reporte a casa matriz de los trabajos que se le han hecho a la caldera.

Dicho reporte se preparó con base en los procedimientos establecidos por la AWS y normas internas de la planta, además de incluir las personas que pueden autorizar dicho trabajo para lograr el círculo de información eficaz entre el soldador y el inspector de soldadura. El reporte se puede observar en los anexos futuros.

3.7. Normas de seguridad aplicables al proceso

3.7.1. Inducción de seguridad industrial

No importando cuan grande sea la falla o que tan rápido se deba de hacer la reparación; en planta se maneja un sistema en el cual, a toda persona contratista o empleado de la misma, debe recibir su inducción de seguridad la cual trata de que las personas capten el concepto de la seguridad en la industria, qué no importa que tan complicado sea el trabajo o cuán importante sea, primero es la seguridad de las personas y luego el trabajo.

La plática de seguridad incluye vídeos y pláticas los cuales abarcan, trabajos en altura, permisos en caliente, equipo de protección personal, el manejo de los gases comprimidos, manejo de combustibles, el trabajo en caliente en espacios confinados.

Todas las personas reciben su inducción programadas durante cinco horas, en ella se tocan todas las dudas que el personal tenga acerca de las normas internas dentro de planta y principalmente, conocer que la seguridad en planta es lo primero.

3.7.2. Equipo de protección personal

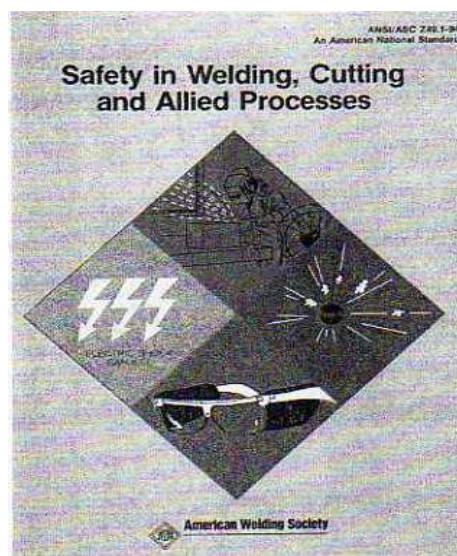
En planta nos basamos a normas de seguridad escritas por la OSHA y por la AWS, como parte de los trabajos es necesario que el personal cuente con equipo básico necesario proporcionado por la empresa.

Este equipo obligatorio de protección individual, se compone de:

- Polainas de cuero
- Calzado de seguridad
- Yelmo de soldador (Casco y careta de protección)
- Pantalla de protección de sustentación manual
- Guantes de cuero de manga larga
- Manguitos de cuero
- Mandil de cuero
- Casco de seguridad, cuando el trabajo así lo requiera

Además el operario no debe trabajar con la ropa manchada de grasa, disolventes o cualquier otra sustancia inflamable. Cuando se trabaje en altura y sea necesario utilizar cinturón de seguridad, éste se deberá proteger para evitar que las chipas lo puedan quemar.

Es importante conocer lo que nos indica la etiqueta tipo diamante que nos da la AWS:



Fuente: tecnología del inspector de soldadura

Figura 35. Portada manual de normas de seguridad dadas por la AWS



Fuente: pagina Internet www.unizar.es.com

Figura 36. Código NFPA

3.7.3. Equipo para trabajos en altura

Debido a la altura de las calderas es necesario contar con un equipo con el cual se pueda transportar por lado interno de las paredes de la caldera, en planta contamos con dos equipos. El primero en el cual solo se puede transportar dos personas, el soldador y el monitor de seguridad. Este es accionado por medio de motores neumáticos, elevándose por medio de cables guías de diámetro de ¼ de pulgada.

El otro, equipo, el cual es capaz de subir cuatro personas, dicho elevador es accionado por motores eléctricos uno en cada extremo y uno al

centro del mismo; el único inconveniente de utilizar este equipo es que únicamente se puede utilizar en dos paredes de la caldera pues ya que si se quisiera utilizar en las otras dos habría que sacar los cables para poder ubicarlo en las otras paredes.

En una emergencia utilizamos el elevador pequeño pues es más versátil y fácil de armar para poder cubrir las emergencias.

3.8. Detección de fallas

3.8.1. Método ultrasónico

No es más que la utilización de una pistola ultrasónica maneja a 40Hz de frecuencia para poder escuchar en operaciones cualquier fuga que se presentara en cualquiera de las tuberías de las paredes de la caldera.

Con dicho equipo se puede localizar rápidamente las fugas internas o de presión debido a la naturaleza de alta frecuencia y onda corta, nos permite encontrar las fugas en medio de cualquier alto ruido.

En planta contamos con la pistola amprobe 2000, de ésta se imparte una certificación cada seis meses para no perder la práctica y poder afinar el oído para la detección de fugas; la orden de trabajo de revisión de fugas es asignada cada 15 días de la cual los encargados son los mecánicos de planta quienes conocen ya la frecuencia a la que se trabaja y están certificados.



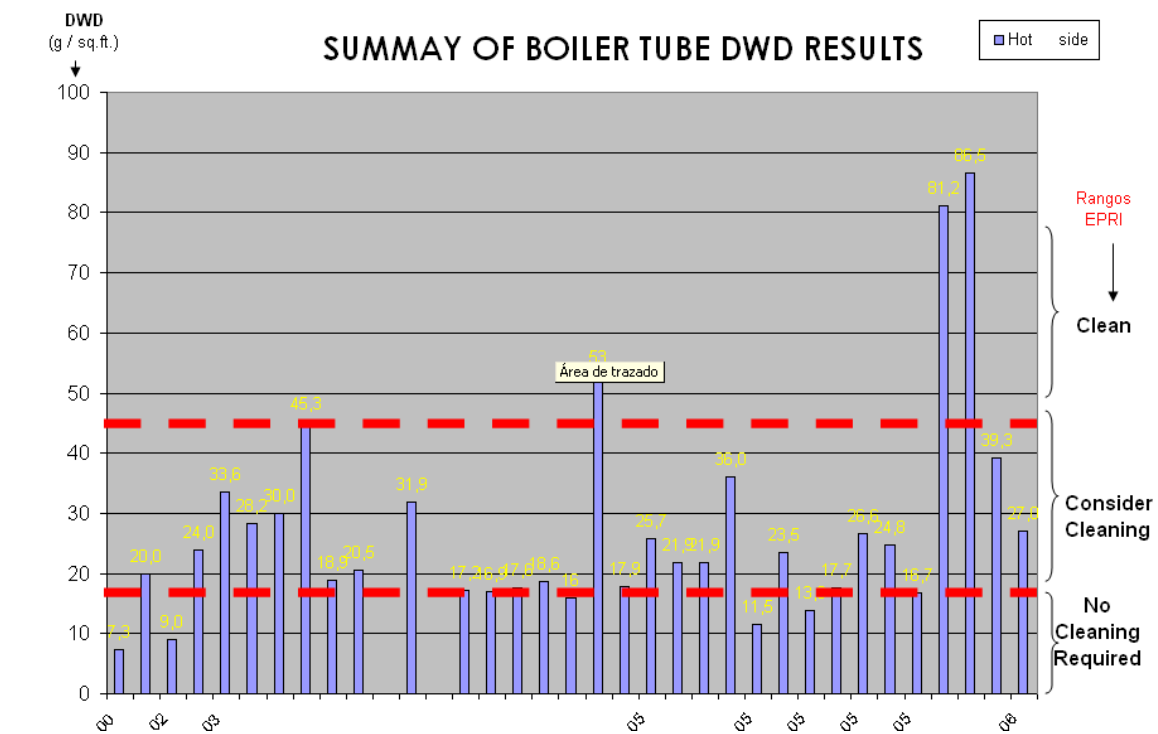
Fuente: manual de equipo fabricante de pistola ultrasónica

Figura 37. Equipo de pistola ultrasónica.

3.8.2. Análisis metalúrgico

En planta se lleva un control de análisis metalúrgico de la tubería que no es más que el estudio de los materiales que se pudieron impregnar en las paredes de la tubería de la caldera, provocando la reducción de los diámetros de la misma y/o haciendo que la concentración de calor sea más en determinado punto lo que provocaría un desgaste de la tubería pudiendo ser un foco de explosión de la tubería causando una fuga.

La revisión se realiza cada 6 meses en los paros de mantenimiento, la idea es cortar una determinada cantidad de tubos en las paredes opuestas a los quemadores y paredes aledañas, estas muestras se envían a un laboratorio americano para que se hagan las pruebas correspondientes y estos a su vez nos envían el reporte de trabajo; el ingeniero químico es el encargado de llevar el control de las muestras y programar los trabajos cada paro de mantenimiento.



Fuente: reporte de análisis de laboratorio

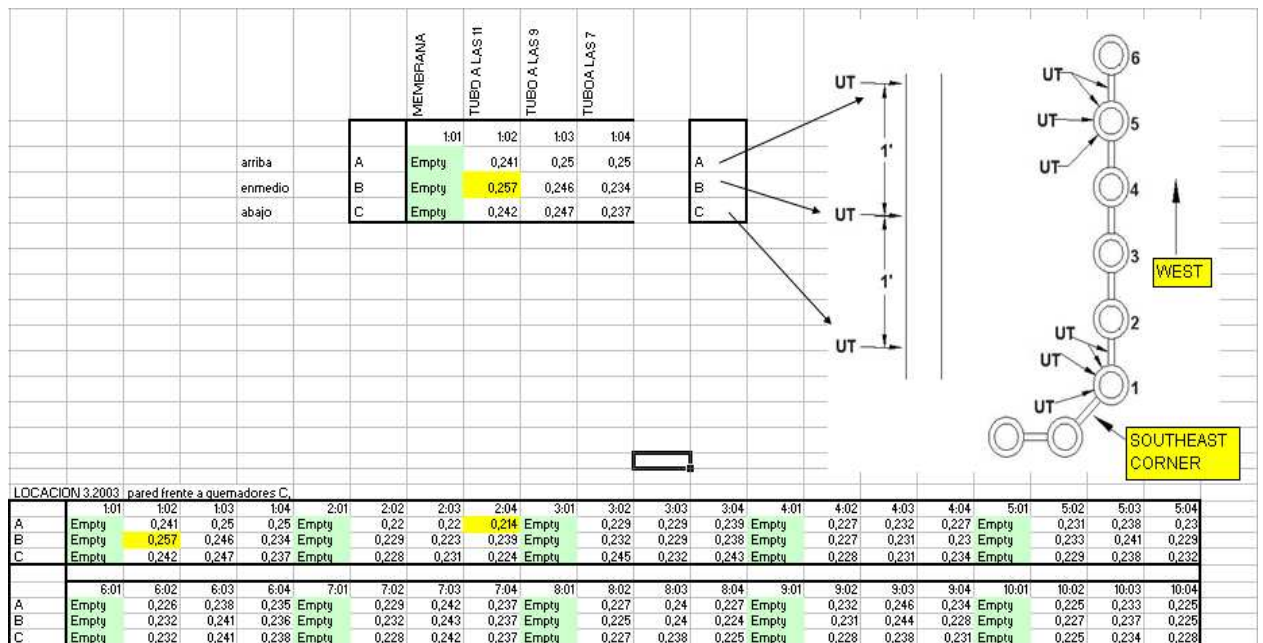
Figura 38. Ejemplo de reporte de análisis de tubería de caldera.

3.8.3. Medición de espesores

En planta se lleva un control de espesores de tubería, la rutina se hace cada 6 meses con el fin de controlar los espesores de las tuberías y lograr actuar antes de que la tubería presente una falla que nos haga salir de línea.

El medidor de espesores es un aparato que por medio de ondas ultrasónicas detecta el espesor de los materiales y nos da una medida la cual está en milésimas de pulgada.

El siguiente formato el cual sirve para el control de los espesores de las tuberías; el encargado de manejarlo es el ingeniero de mantenimiento quien administra el formato y se encarga de asignar los trabajos de calzado de tubería con los materiales adecuados dependiendo del área de trabajo.



Fuente: formato de uso interno en planta San José

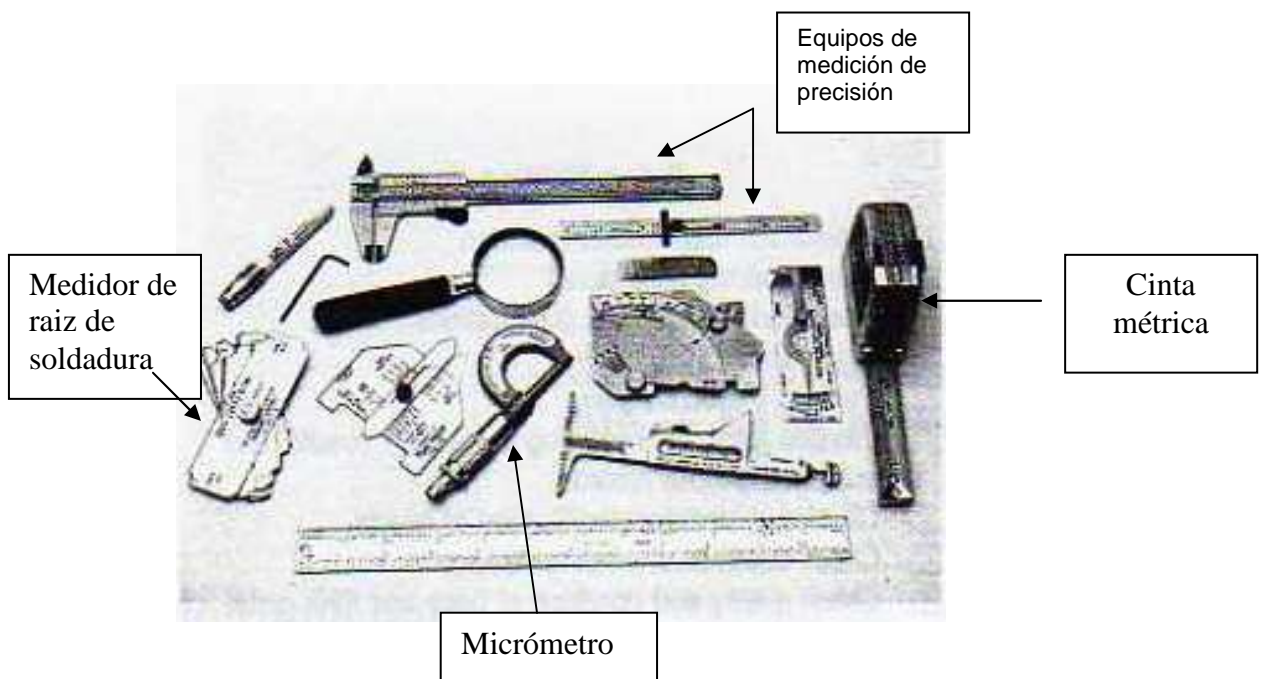
Figura 39. Formato de medición de espesores de tubería de caldera.

3.8.4. Inspección visual

El propósito de este tipo de ensayo es el de asegurar la operación segura de las partes probadas, detectar debilidades en su diseño, identificar cualquier deficiencia de calidad y así evitar fallas durante el servicio, dentro de esta prueba, usualmente, en planta utilizamos pruebas de carga, hidrostáticas y neumáticas.

Se busca encontrar las discontinuidades o posibles poros que se detecten a simple vista o afloren a la superficie.

Según la AWS el 80% de las discontinuidades, defectos y deficiencias son detectadas por esta técnica, es necesario que la persona que la realice cuente con alta experiencia en el campo de la soldadura y mejor si se tiene una certificación por parte de la AWS.



Fuente: tecnología del inspector de soldadura

Figura 40. Kit de instrumentación para la inspección visual

3.8.5. Ensayos no destructivos

Llamados según la AWS como las normas o inspección y evaluación no destructiva, en planta, la más utilizada es la radiografía que se definió anteriormente, líquidos penetrantes y partículas magnéticas. La idea de estos ensayos es poder identificar discontinuidades o verificar la buena aplicación de la soldadura sin dañar la pieza.

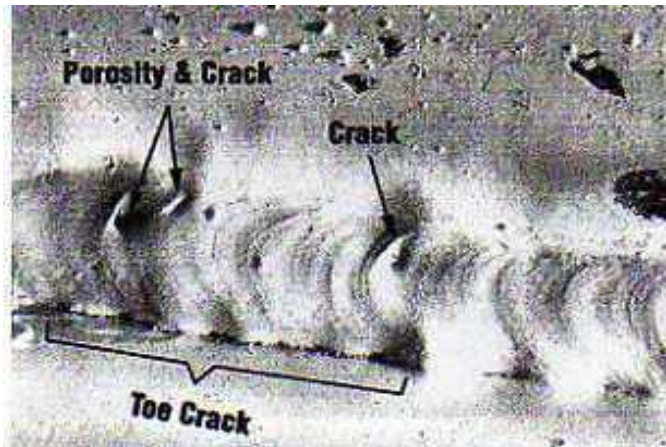
El mas común es el de líquidos penetrantes pues ya que se tienen los químicos que se utilizan para practicar dicha prueba y muchas veces por la posición de la tubería es la técnica que mejor se adapta.

Los líquidos penetrantes: consisten en aplicar un liquido sobre la superficie soldada o a evaluar, dejándolo un tiempo sobre ésta que le llamaríamos tiempo de penetración, esto con el fin de que se introduzca en las posibles discontinuidades de la soldadura, para luego limpiar el exceso que al aplicar un revelador se pueda observar la discontinuidad perfectamente, con esta técnica se puede certificar a la persona, sin embargo, con la practica y la atención debida cualquier persona la puede realizar.



Fuente: tecnología del inspector de soldadura

Figura 41. Aplicación de líquido limpiador a pieza a examinar.



Fuente: tecnología del inspector de soldadura

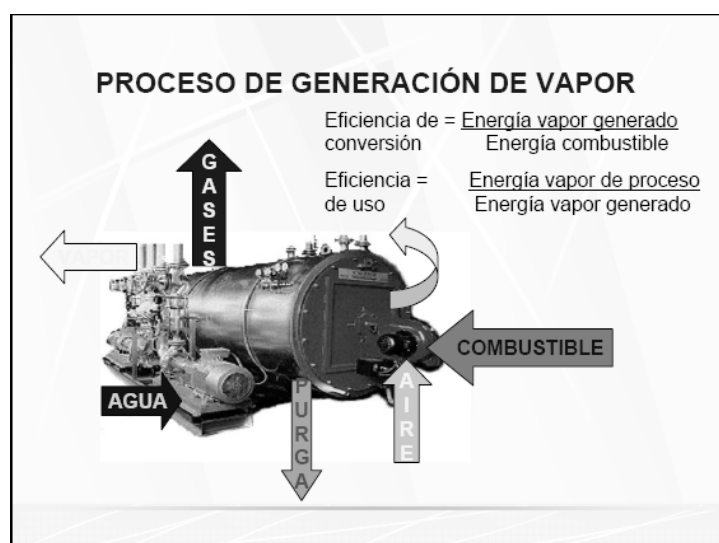
Figura 42. Aplicación de líquido penetrante en soldadura y cordón revelado.

3.9. Disponibilidad de planta en línea

3.9.1. Análisis económico

Como en todo proceso el análisis económico de pérdidas y ganancias de producción es indispensable.

La no disponibilidad de los equipos en planta se traduce en pérdidas económica, estas pérdidas pueden ser aún mayores en el área de producción de vapor si no se tiene un plan de contingencia con el cual actuar ante una reparación de tubería de caldera. Tal como lo podemos observar en la figura siguiente en el proceso de generación de vapor.



Fuente: manual de partes de fabricante caldera en planta san José

Figura 43. Proceso de generación de vapor

El balance energético para poder calcular la pérdida que se tuviera de no actuar de forma rápida y eficiente en la reparación de la tubería lo podemos observar en el cuadro siguiente:

<p>Volumen carbón = 47,486 mt³/año; peso= 31,625.500 Kg. /año</p>	<p>Esta cantidad de combustible genera 85,464 x E+06 Kcal. (Anual). % medio de humedad = 14%</p>
<p>Energía disponible por hora = 11,487 x 10⁶ Kcal. /h</p>	<p>Esta cantidad de energía permite generar</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11,881 kg. Vapor/hora con n=80%
<p>Total de vapor generado = 17886 Kg. vapor /hora.</p>	<p>Con este vapor obtenemos 1,089Kw</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1,089 x 7440 horas/ año = 8,102,160 Kwh./año • Energía generada al mes = 675,180 Kwh./mes • Energía generada al día = 22,506 Kwh. /día
<p>Si se tuviera una falla de 2 días de reparación enfriamiento de caldera y puesta en marcha la pérdida que se tuviera sería la siguiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 22,506 kwh. /día x 3 = 67,518 Kwh. /día • 67,518 Kwh. / día x Usd 3.00 = USD 202, 554 dólares perdidos.

Es por ello, que la elaboración de un plan de contingencia y la buena aplicación ahorrará a la empresa buena cantidad de dinero en reparaciones de tuberías o cualquier otro equipo relacionado con el proceso.

CONCLUSIONES

1. No existía en planta un adecuado plan de contingencia para actuar. Se esperaba hasta que sucedan las emergencias para actuar, cada problema en la tubería determinaba las actividades a seguir en los sucesos de la misma, no se llevaba un control de retroalimentación en cada falla. Por ello, es necesario que en planta la estrategia de un plan de contingencia incluya toda la información posible que se pueda recopilar, para futuros análisis y planificación de trabajos.
2. El plan de contingencia podrá ser aplicado efectivamente cuando la planta permita conocer al personal involucrado en la reparación de las tuberías; lo importante que es el adecuado control de mantenimiento preventivo y cómo actuar ante una contingencia de la mejor manera, estableciendo como guía el presente documento.
3. El conocimiento de los equipos y procedimientos establecidos por parte del manual del fabricante, además de conocer la ubicación de cada uno, nos ayudará a manejar eficientemente el plan de contingencia.
4. El profundizar en las técnicas de soldadura y normas de la AWS nos permite definir acciones rápidas y concretas para la acción a tomar en una reparación de tubería en la pared de caldera.
5. Una vez establecido el plan de contingencia con procedimientos de respuesta unificado para coordinar actividades dará como resultado la minimización de los tiempos de respuesta de una reparación.
6. La capacitación y la puesta en práctica de cada paso en el seguimiento del plan nos dará seguridad de cómo actuar en una reparación, nos permitirá retornar a línea lo más pronto posible y ahorrarnos buena cantidad de dinero.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar la presente guía como plan de contingencia para capacitar a las personas involucradas en la reparación de las fugas, esto ayudará a trabajar según normas y especificaciones definidas para la planta.
2. Tener identificada un área donde se tenga todo el equipo necesario para la reparación de la fuga, formatos en blanco de los permisos necesarios, materiales de aporte y herramienta especializada. Esto con el fin de lograr un menor tiempo de respuesta.
3. Programar a las personas involucradas en las reparaciones a capacitaciones constantes donde se realice una prueba en tiempo real para poner en práctica cada punto del plan de contingencia y así poder observar la capacidad de respuesta de cada miembro.
4. Documentar a través de la implementación de formatos adecuados para el tipo de trabajo todas las reparaciones que se realicen en la caldera.
5. Mantener además del material de aporte y suministros necesarios para la reparación, un stock necesario en bodega con los materiales recomendados ubicados en lugares estratégicos y codificados para poder tener una respuesta inmediata de entrega.
6. Mantener en práctica constante a los soldadores con el fin de mantenerles la exactitud de la aplicación de los cordones de soldadura en todos los tipos de soldadura.

BIBLIOGRAFIA

1. Inc. Anthony Kohan **MANUAL DE CALDERAS**, Editorial McGraw-Hill, cuarta edición.
2. **TECNOLOGÍA DE LA SOLDADURA**, Manual de normas AWS, Twentieth Edition.
3. **API STANDARD 1104**, Manual de normas de AWS, Twentieth Edition, Noviembre 2,005.
4. Wiley Salih O. Duffuaa. **SISTEMAS DE MANTENIMIENTO PLANEACIÓN Y CONTROL**, Editorial Limusa
5. **MANUAL INTERNO DE NORMAS DE SEGURIDAD**, Central Generadora Electrica San Jose, 2001
6. **Manuales varios de equipos de planta**

ANEXOS

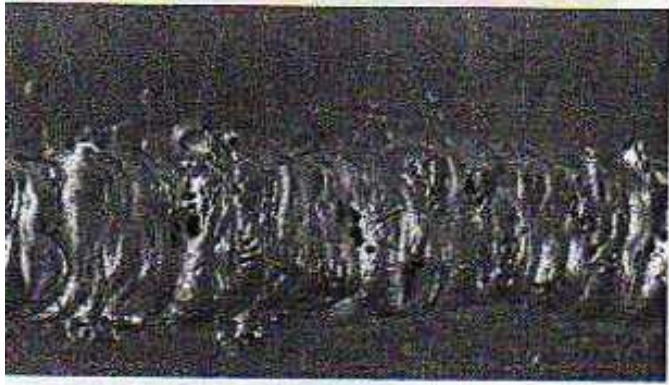
Anexo 1. Tipos de fallas en las soldaduras



Escoria uniforme, sin embargo, se observa demasiados poros a lo largo; esto puede ser debido a humedad en el electrodo o mala elección de material de aporte.



Cordón de soldadura con quebradura al centro y porosidad, causa posible mal amperaje, humedad en el ambiente, mala aplicación de soldadura.



Cordón demasiado ancho, se puede apreciar velocidad de aplicación muy rápida, amperaje alto, hay socavaciones y demasiados poros que exceden lo permitido por la norma.



Demasiado chisporroteo, material acumulado, posibles causas velocidad lenta de paliación, amperaje bajo, mala elección de material de aporte.

Anexo 2. Formato de control de retroalimentación de información de los trabajos de soldadura.

CENTRAL GENERADORA ELECTRICA SAN JOSE		No. 00001
		fecha
CONTROL DE PERMISOS PARA TRABAJOS DE SOLDADURA		
REPORTE DE TRABAJO		
<p>Previo a este permiso se debe obtener el permiso de trabajo en caliente, ambos permisos son indispensables para proceder a realizar un trabajo de soldadura dentro de planta</p>		
CLASIFICACION DE LA SOLDADURA		
Estructura	<input type="checkbox"/>	Tubería de acero al carbon <input type="checkbox"/> Tubería especial <input type="checkbox"/> Reparación maquinaria <input type="checkbox"/>
TIPO DE SOLDADURA		MATERIAL A SOLDAR
Mig	<input type="checkbox"/>	Acero - Acero <input type="checkbox"/>
Tig	<input type="checkbox"/>	Acero - Acero inoxidable <input type="checkbox"/>
Arco electrico	<input type="checkbox"/>	Inoxidable 304 <input type="checkbox"/>
Oxiacetileno	<input type="checkbox"/>	Cromo Molibdeno <input type="checkbox"/>
		Revestimiento duro <input type="checkbox"/>
		Hierro fundido <input type="checkbox"/>
		Materiales especiales <input type="checkbox"/>
ELECTRODO A UTILIZAR		VARILLA DE APORTE (OXIACETILENO, MIG, TIG)
E6011 O E6013	<input type="checkbox"/>	309L <input type="checkbox"/>
E7018	<input type="checkbox"/>	7018 <input type="checkbox"/>
E8018 O E8018-B3	<input type="checkbox"/>	8018 <input type="checkbox"/>
E9018 O E9018-B9	<input type="checkbox"/>	9018 <input type="checkbox"/>
E309L	<input type="checkbox"/>	Especiales <input type="checkbox"/>
Especiales	<input type="checkbox"/>	
VERIFICACION DE TRABAJOS		
Supervisor responsable	_____	_____
	Nombre	Firma
Permiso de trabajo en caliente	<input type="checkbox"/>	
Tipo de material a soldar	<input type="checkbox"/>	
Procedimiento de soldadura según manual No.	<input type="checkbox"/>	
Ubicación exacta del trabajo	<input type="checkbox"/>	
Soldador	_____	_____
	Nombre	Firma
PUNTOS A EVALUAR		
Inspección de preparación	<input type="checkbox"/>	
Registro de precalentamiento	<input type="checkbox"/>	
revisión de electrodos y gases	<input type="checkbox"/>	
Inspección Visual (visual Test)	<input type="checkbox"/>	
Radiografía o ensayo no destructivo	<input type="checkbox"/>	
Registro de tratamiento termico	<input type="checkbox"/>	
Vo. Bo. Del trabajo	_____	_____
	Supervisor de turno y/o responsable	Firma
Inspector de soldadura	_____	_____
	Nombre	No. Certificación

Anexo 3. Etapas seguidas para la detección de defectos de soldadura.

Adquisición	Filtrado	Segmentación	Análisis
	Eliminación de ruido.	Extracción de defectos con técnicas basadas en regiones.	Análisis de los defectos utilizando propiedades geométricas de las regiones.

Clasificación de defectos de soldadura

Imperfección	Observaciones	Moderado C	Intermedio C	Elevado B
Grietas	Todo tipo de grietas excepto microgrietas $H < 1\text{mm}$	No admisible		
Poros	(a) Medida máxima total del área proyectada. (b) Medida máxima de un poro aislado	4% $d < 0,5s$	2% $d < 0,4s$	1% $d < 0,3s$
Inclusiones sólidas	Imperfecciones cortas. Medida máxima en cualquier caso	4mm	3mm	2mm
Falta de penetración	Imperfecciones largas	No admisible		

Anexo 4. Definiciones acerca de defectos de soldadura

Defecto	Definición	Aspecto Radiográfico
Inclusiones Gaseosas	Presencia, en el metal de la soldadura, de cavidades motivadas por oclusiones gaseosas	
Porosidad	Grupos o pequeños poros aislados	Pequeñas imágenes redondas y oscuras, de aproximadamente 1,5 mm. Pueden presentarse en grupos o aisladas
Porosidad tubular o vermicular	Cavidades alargadas o tubulares	Imagen, generalmente muy oscura, a veces con contornos difusos y tamaño variable, alargada
Poros	Cavidad grande que contiene gas	Sombras netamente definidas, de contorno redondeado, regular neto o difuso, y de diámetro mayor de 1,5 mm.
Inclusiones de escorias	Presencia en el metal de la soldadura, de cualquier sustancia sólida	
Inclusiones de escorias aisladas	Inclusiones con distribución irregular	Sombras de contorno irregular, que frecuentemente presentan variación de densidad en su imagen
Inclusiones de escorias lineales	Inclusiones formando líneas	Línea oscura de ancho irregular, continua o intermitente y normalmente

Inclusiones de escorias aisladas	Inclusiones, generalmente formando línea pero sin continuidad	paralela a los bordes de la soldadura
Inclusiones de escorias por defecto de limpieza	Inclusiones debidas a la falta de limpieza en la soldadura o al uso de una herramienta inadecuada para el levantamiento parcial de los cordones	Frecuentemente da líneas oscuras paralelas, con un contorno definido y neto del lado exterior de la soldadura e irregular hacia el exterior
Falta de fusión	Discontinuidad entre el metal base y el metal de la soldadura	Línea oscura y fina, continua e intermitente, con los bordes bien definidos. La línea puede tender a ser ondulada y difusa, dependiendo de la posición relativa del defecto con relación al eje del haz de radiación incidente
Falta de penetración	Hendidura en el comienzo de la soldadura, en la cual falta metal de aporte	Banda o línea oscura, continua o intermitente a lo largo del centro de la imagen de la soldadura
Grietas o fisuras	Discontinuidad producida por desgarramiento del metal	
Grietas longitudinales		Línea fina y oscura, ondulada, intermitente o bifurcada, que sigue la dirección de la soldadura o es sensiblemente normal a ella
Grietas transversales		
Mordedura de bordes	Ranura o surco en la superficie de la pieza a lo largo de los bordes del cordón de la soldadura. Puede tener lugar también entre paredes	Línea oscura irregular continua o intermitente, generalmente difusa situada a lo largo de la imagen de la soldadura

Anexo 5. CONTROL DE PERMISOS DE TRABAJO RELACIONADOS CON LA REPARACION DE LA TUBERIA DE PARED DE LA CALDERA

Del _____ al _____ del mes de _____ del año _____

Complete cada cuadro de acuerdo a la información requerida para el control de permisos de trabajos que se relacionan con la reparación de un tubo en la pared de la caldera

PERMISOS EMITIDOS

Permiso No.	HOJA ÍNDICE	TIPOS DE PERMISOS	NOMBRE DE SUPERVISOR	FIRMAS	DISCREPANCIAS ENCONTRADAS

OBSERVACIONES: _____

AUDITOR: _____
 Nombre y Firma

FECHA: _____

Anexo 6. Auditorias del plan de contingencia

Se efectuaran auditorias para:

1. Asegurarse que todo el personal comprende los objetivos del plan
2. Verificar que el personal involucrado en el plan de contingencia conoce su ubicación física

Tiempo en el que se debe de practicar la auditoria

1. La auditoria deberá efectuarse cada tres meses

Control de auditorias

1. Entregar el reporte de auditoria al Ingeniero de mantenimiento o asistente
2. Las auditorias se llevaran a cabo bajo la dirección del Ingeniero de mantenimiento
3. Todas las personas involucradas en el comité de contingencia deben de llenar el Formato de control de auditorias
4. se llevara un índice el que llevara la siguiente información:
 - a. Se coloca el número de hoja correlativo y se revisa la información
 - b. Firmas: se revisa que estén todas las firmas del personal de control de auditorias
 - c. Discrepancias encontradas: Se anota cualquier anomalía que se haya detectado durante la auditoria.

Observaciones: Se anotan todas las novedades encontradas en el llenado de los permisos de trabajos relacionados con la auditoria.

Anexo 7. Formato de lista telefónica de personal esencial de planta en caso de falla en la tubería de pared de la caldera

Función		Empleado	1er. número de contacto	2do número de contacto	Tiempo de respuesta
Dirección	Cargo				

Anexo 8. Formato de lista telefónica de personal contratista en caso que se presente una falla en la tubería de pared de caldera

Código del contratista	Recurso	Representante del servicio	Numero telefónico	Tiempo de respuesta

Anexo 9. Diagrama de flujo, pruebas de capacitación plan de contingencia

