

52
zej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES A
PRESION DE ACERO INOXIDABLE

TRABAJO ESCRITO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
VICTOR EDUARDO GARCIA SANJUAN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CD. UNIVERSITARIA, D. F.

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C o n t e n i d o

	pag
1. Introducción.	1
2. Importancia de la inspección en servicio de recipientes.	4
3. Bases técnicas.	8
3.1 Códigos, estándares y reglamentos aplicables.	9
3.2 Materiales.	13
3.2.1 Clasificación de los materiales metálicos.	13
3.2.2 Características de los materiales.	15
3.2.2.1 Aceros inoxidable austeníticos.	16
3.2.2.2 Aceros inoxidable martensíticos.	22
3.2.2.3 Aceros inoxidable ferríticos.	25
3.3 Mecanismos de fallas.	28
3.3.1 Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo.	28
3.3.2 Fragilización por hidrógeno.	32
3.3.3 Termofluencia.	34
3.3.4 Fatiga.	36

3.4	Ensayos no destructivos.	40
3.4.1	Inspección visual.	42
3.4.2	Inspección radiográfica.	42
3.4.3	Inspección ultrasónica.	51
3.4.4	Inspección por partículas magnéticas.	54
3.4.5	Prueba de líquidos penetrantes.	63
3.4.6	Prueba de ensayos metalográficos (R.M.).	70
3.4.7	Pruebas de dureza.	71
4.	Aplicaciones prácticas.	74
4.1	Reactor de la Planta de Sulfonación.	75
4.2	Reactor de la Planta de Etoxilación.	89
5.	Comentarios.	174
6.	Conclusiones.	175
7.	Bibliografía.	182
8.	Apéndices.	
	A. Relación de compañías dedicadas a la inspección de recipientes a presión.	185

B.	Guía del Código ASME Secc. VIII, Div.1.	189
C.	Relación de Normas Británicas de recipientes sujetos a presión.	191
D.	a) Relación de Normas Japonesas de recipientes sujetos a presión.	195
	b) Guía de Códigos Japoneses para recipientes sujetos a presión.	197
E.	Normas DIN y guía del Código Alemán para recipientes sujetos a presión.	200
F.	Guía del Código Sueco para recipientes sujetos a presión.	203
G.	Guía del Código Italiano para recipientes sujetos a presión.	205

1.- INTRODUCCION.

Las actividades tendientes a prolongar la vida útil de equipos y accesorios de una planta industrial, son función de diversas áreas y actividades, mismas que aportan resultados positivos que al llevarse a la práctica se reflejan en una mejora en la calidad de la producción y conservación de las instalaciones y sobretodo en la seguridad de las vidas humanas.

Dentro de dichas actividades se pueden citar las siguientes:

- Operación de la planta.
- Pruebas periódicas de equipo e instrumentos.
- Mantenimiento preventivo y correctivo.
- Análisis de laboratorio.
- Archivo de documentación.
- Inspección en servicio de equipos y recipientes.
- Pruebas de sistemas de seguridad y contra incendio.
- Adquisición de materiales, equipos, refacciones y servicios bajo Normas y Códigos.
- Recepción y almacenamiento de materiales.
- Entrenamiento y calificación de personal.
- Control y calibración de equipos de prueba y medición.

Cada uno de los puntos anteriores son de importancia tal, que harán que las instalaciones y equipos se mantengan en el nivel de calidad requerido y poder ofrecer un alto grado de confiabilidad y seguridad.

Dentro de las actividades mencionadas, la inspección en servicio de equipos, recipientes, tubería y accesorios, tiene por objeto conocer la integridad mecánica de los componentes de la planta industrial, aplicando las técnicas de ensayo no-destructivos, basados en los diferentes códigos y estándares aplicables de acuerdo al equipo o línea que se trate.

Por otro lado, el propietario o responsable de la unidad industrial, tiene la obligación de preparar los documentos necesarios que serán aplicables durante la inspección a efectuar, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Límites de la inspección.
- Plan de inspección.
- Procedimientos a utilizar.
- Planos mecánicos de los equipos a inspeccionar.
- Planos de construcción y montaje.

Además toda la información disponible que sirva como soporte técnico. Por ejemplo: las películas radiográficas y hojas de datos de los ensayos no destructivos y de las pruebas realizadas con anterioridad, de forma que en las áreas sometidas a nuevos exámenes y pruebas, sirvan como documentos de referencia comparativos y pueda evaluarse la degradación de los materiales de equipos, líneas, accesorios y recipientes.

2.- IMPORTANCIA DE LA INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES.

En la etapa de diseño de equipos y recipientes de proceso, así como tubería y accesorios, la selección de los materiales de construcción es de vital importancia ya que deben ser consideradas las condiciones de operación, propiedades químicas, mecánicas y de resistencia a la corrosión de los mismos, con el propósito de garantizar un correcto funcionamiento durante las fases de pruebas, arranque y operación del equipo.

Es también importante, que dentro de esta etapa sean preparados los procedimientos de fabricación de los recipientes, desde el corte y rolado de la placa hasta la soldadura y calificación de procedimientos de soldadura y soldadores a emplear y así evitar posibles fallas por cualquier contingencia operacional causada por una fabricación o calidad de materiales no adecuada.

Respecto a lo anterior, es indispensable efectuar las pruebas e inspección necesarias para detectar cualquier anomalía en el recipiente, siendo éstas ya sea desde la fase de fabricación y/o construcción o bien en la fase de recepción y más aún cuando el equipo se encuentre en servicio.

En nuestro país, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS, es el organismo oficial cuyas funciones primordiales son las de vigilar la construcción, instalación, operación y mantenimiento en condiciones de seguridad así como resolver las

dudas y problemas que se presenten en la interpretación de los reglamentos. Asimismo, la STPS inspecciona la reparación de los equipos que se efectuen en fábrica o talleres, previa solicitud escrita del propietario.

Dentro de los diversas etapas de inspección, la misma STPS lleva acabo las siguientes:

- a) **Inspección de fábrica o taller.** Esta se efectúa en los talleres o fábricas donde se ha construido o reparado el recipiente.
- b) **Inspección inicial.** Es la primera inspección que se efectúe a los recipientes después de haber sido instalados.
- c) **Inspección periódica.** Es la inspección que se lleve acabo a los recipientes, después de haberse practicado la inicial y dentro del plazo reglamentario.
- d) **Inspección extraordinaria.** Es la que se efectúe además de la inicial y periódica, cuando la STPS lo considere necesario o cuando los usuarios o la Comisión de Seguridad de la fábrica lo solicite.

Las pruebas e inspección que normalmente se practican pueden ser destructivas y no destructivas, donde la finalidad de las primeras es determinar cuantitativamente el valor de ciertas propiedades mecánicas de los materiales, por ejemplo: pruebas de tensión, fátiga, dureza, termofluencia, etc..

Por su parte las pruebas no-destructivas, tienen la finalidad de verificar la sanidad o degradación del material de los equipos examinados con la cual se busca la homogeneidad y continuidad de éstos y que no afecten de manera directa las propiedades de los materiales y consecuentemente su operación.

Por tanto, se puede decir, que las pruebas e inspección practicadas a un equipo o recipiente es la acción y efecto de la revisión efectuada a los mismos, para determinar su estado físico y cuyos objetivos primordiales son:

- 1) Garantizar la integridad de las vidas humanas.
- 2) Garantizar la seguridad de las instalaciones.
- 3) Mejorar la continuidad de la operación del proceso.
- 4) Prolongar la vida operacional de la planta.
- 5) Reducir el tiempo de inactividad de los equipos.
- 6) Disminuir costos por accidentes (operación, mantenimiento, indemnizaciones, primas, etc.).
- 7) Aumentar la productividad del personal.
- 8) Tender a la excelencia.

3.- BASES TÉCNICAS .

3.1.- CODIGOS, ESTANDARES Y REGLAMENTOS APLICABLES.

Cuando se va a efectuar una inspección de recipientes sujetos a presión, es necesario tener a disposición los códigos, reglamentos y estándares aplicables para este efecto, ya que en ellos se indican los procedimientos, criterios de aceptación o rechazo y condiciones bajo las cuales se debe llevar a cabo dicha inspección y sobre todo que es un documento mandatorio cuando se presenta cualquier conflicto.

Dentro de los más comúnmente usados en nuestro país, tenemos los siguientes:

Código ASME (American Society of Mechanical Engineers).

sección I- Calderas de potencia.

sección II-Especificaciones de materiales.

A. Ferrosos

B. No ferrosos

C. Materiales de soldadura

sección V- Ensayos no destructivos.

sección VIII, Div. 1- Recipientes a presión.

sección IX- Calificación de procedimientos de soldadura y soldadores.

Código ANSI (American National Standard).

Código AWS (American Welding Society).

Código API (American Petroleum Institute).

Guía de inspección cap. I al XX.

Apéndice de inspección de soldadura.

Std. TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association).

NACE (National Association of Corrosion Engineers)

NFPA (National Fire Protection Association).

ASTM (American Society Testing of Materials).

Reglamento de la STPS. Inspección de Generadores de Vapor y
Recipientes Sujetos a Presión.

En los apéndices se incluye una relación de normas y guías de los diferentes códigos internacionales mas importantes: ASME, Alemán, Británico, Japonés, Italiano y Sueco; las cuales no son de uso normal en nuestro país, salvo en aquellas empresas que son filiales de compañías extranjeras, pero que nos brindan los criterios necesarios para poder solventar cualquier problema de los recipientes a presión.

También es importante mencionar que para poder efectuar la inspección de taller e inicial a un recipiente sujeto a presión, es necesario disponer de una serie de documentos, a decir:

Hoja de datos.

Requisición de compra.

Especificaciones técnicas.

Pedido y alcance de suministro.

Plano de arreglo general certificado y aprobado.

Planos de detalle certificados y aprobados.

Programa de fabricación.

Certificado de materiales.

Bitácoras de construcción, mantenimiento y operación.

Mientras que para una inspección periódica, los documentos requeridos son:

Hoja de datos.

Plano de arreglo general certificado y aprobado por la STPS.

Plano de detalle certificado y aprobado por la STPS.

Bitácora de mantenimiento y operación.

Con el fin de obtener las autorizaciones de instalación y mantenimiento correspondientes se deberán presentar a la STPS los siguientes documentos:

1.- Cuando el recipiente sea nuevo.

Una solicitud que incluya:

- a) Nombre y dirección del usuario.
- b) Determinación genérica y específica de la industria.

- c) Ubicación detallada del lugar en donde se pretenda hacer la instalación.
- d) Superficie de calefacción.
- e) Presión máxima de trabajo, obtenida por cálculo o la proporcionada por el fabricante.
- f) Presión de calibración de las válvulas de seguridad.
- g) Copia fotostática del certificado de construcción.
- h) Dos copias heliográficas del plano de construcción e instalación, debidamente acotado, indicando: un corte transversal, un corte longitudinal, la plantilla de cimentación, el lugar de ubicación con respecto al local de la fábrica; un croquis de la costura longitudinal de las placas cuando no están soldadas; los cálculos de la superficie de calefacción, eficiencia de la costura, eficiencia de juntas de los tubos, si lo hubiere, presión máxima de trabajo y cálculo del diámetro de la válvula de seguridad.

2.- Cuando el recipiente sea usado.

- a) Solicitud y requisitos enunciados en el punto 1 anterior.
- b) Si la envolvente del recipiente tuviere reparaciones, deberá asentarse en los planos, debidamente acotado; un croquis que contenga: localización exacta de las mismas, tanto interior y exteriormente, espesor y tipo de material empleado para la reparación, tipo de costura, diámetro y paso de los remaches.

3.2.- MATERIALES.

La industria en general hace uso de los metales y aleaciones en una u otra forma, pero al hablar de una planta química resulta indispensable referirse a los metales como un insumo primordial para la construcción de los bienes de capital.

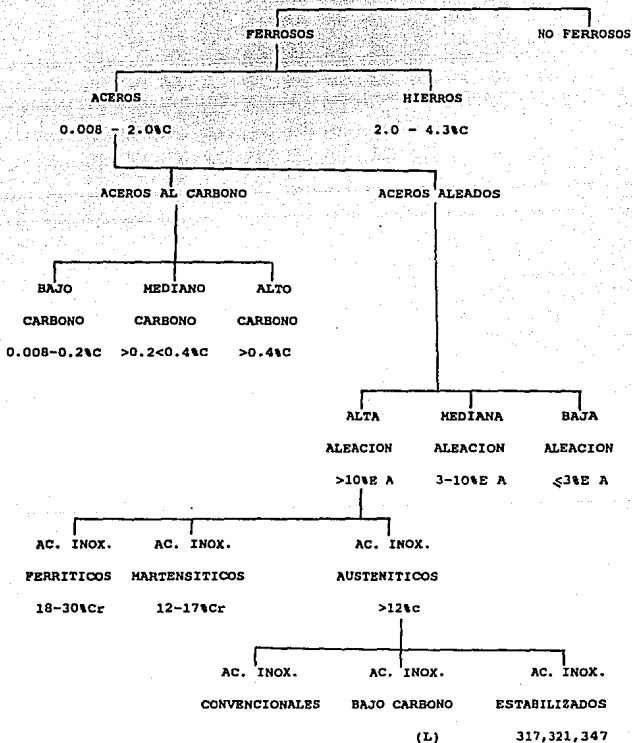
Es importante hacer notar que la selección de materiales a emplear no solo se basa en las condiciones de operación sino también desde el punto de vista económico y de mercado.

En el ASTM existen diversos estándares referentes a materiales para la construcción de recipientes a presión, por lo que el criterio o capacidad técnica del diseñador será otro de los factores importantes a tomar en cuenta.

3.2.1.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES METALICOS.

Dado que el tema de los materiales metálicos es tan extenso, la siguiente clasificación pretende dar un panorama general de los diferentes tipos empleados en la industria. Ver tabla siguiente.

TABLE 3.1.- METALIC MATERIALS .



En la misma se observa que existen diversos tipos de materiales con diferentes propiedades mecánicas y composición química, lo cual establece que éstos se emplean para diversos usos o condiciones de operación y lógicamente su costo también es diverso.

3.2.2.- CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

Como se sabe, existen dos grandes grupos de materiales metálicos que son: los ferrosos y no ferrosos, donde los primeros tienen como elemento base de la aleación al Hierro (Fe) mientras que los no-ferrosos pueden ser elementos puros o aleaciones en los cuales el elemento base puede ser Ni, Cu, Al, etc..

En vista de que el presente trabajo esta enfocado hacia los recipientes de acero inoxidable, es importante aclarar que las características a tratar, únicamente se referirán a dichos materiales.

Los aceros inoxidables forman un grupo de aleaciones ferrosas caracterizadas por una alta resistencia al ataque químico y/o oxidación. Esta propiedad comúnmente referida como "pasividad", ocurre cuando el acero (Fe-C) es aleado con por lo menos 11% Cromo (Cr). Una mayor cantidad de Cr y la adición de Níquel (Ni)

y otros elementos aumenta la resistencia a la corrosión y los hacen estables a altas temperaturas. Los aceros inoxidables tienen las siguientes características las cuales hacen mas amplio el campo de aplicación.

3.2.2.1.- ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS.

Son aleaciones Fierro - Cromo - Niquel, con una composición de Cr que va desde 8 a 30%, mientras que el Ni va desde 6 a 20% de composición. No son templables por tratamiento térmico a causa de su bajo contenido de carbono (C), tampoco son magnéticos debido a la fase austenítica del material.

Las principales características de los aceros inoxidables austeníticos son la alta ductilidad, buena resistencia a la corrosión y a altas temperaturas.

Los aceros inoxidables austeníticos son de la serie 300, de acuerdo a la clasificación de AISI, cuyos tipos son: 301, 302, 302B, 303, 304, 304L, 305, 308, 309, 310, 310S, 314, 316, 316L, 317, 321, 347 y que de los mas empleados en la industria podemos citar lo siguiente:

Tipo 304- Es la aleación básica con 18% Cr y 8% Ni, con 0.08% máximo de Carbono; tiene menor susceptibilidad a una disminución de su resistencia a la corrosión después de soldarse y durante este proceso es también menos susceptible a la precipitación de carburos. De aquí que puede ser usado en un amplio rango de condiciones corrosivas sin un tratamiento térmico subsecuente (disolución de carburos).

El acero inoxidable tipo 304, se emplea frecuentemente en la fabricación de: barriles de cerveza, equipo químico, incluyendo las protecciones y sus componentes, equipo para alimentos derivados de cereales, industria lechera, etc.

Tipo 304L- Tiene un contenido de Carbono muy bajo, 0.03%, y es usado donde las condiciones de trabajo son severamente corrosivas. La susceptibilidad a la formación de carburos de Cromo es menor que en el tipo 304.

Tipo 308- Es el más usado para varillas y electrodos de soldar. Contiene mayor cantidad de Cromo y Níquel que el tipo 304, debido a ello incrementa su resistencia a la corrosión en aplicaciones específicas. Tiene mayor resistencia a la precipitación de carburos que el tipo 304, permitiendo de esa manera el uso de equipo soldado bajo un amplio rango de condiciones corrosivas donde el tratamiento térmico por relevado de esfuerzos (en aceros

al carbono o de baja aleación) puede ser omitido bajo determinadas condiciones.

Tipo 310- Este grado tiene mayor resistencia a la temperatura y mayor estabilidad de la austenita que el tipo 309, debido a los elevados contenidos de Cromo y Niquel (25 - 20%), además de tener la mayor resistencia general a la corrosión de todos los inoxidables de esta clase. Este acero tiene particularmente buena resistencia a los vapores de ácido nítrico entre 92 a 95 $\frac{1}{2}$ a temperatura ambiente y presión atmosférica y a nitritos fundidos hasta 800°F.

Tipo 316- La adición de Molibdeno hace que se incremente grandemente la resistencia al ataque de agentes químicos, particularmente al efecto de los cloruros; este acero posee resistencia a la termofluencia a elevadas temperaturas; mayor que cualquier otro de los aceros inoxidables.

Los tipos 316, 317 y 318 son los tres grados con contenido de Molibdeno.

Los tipos 316 y 317, son susceptibles a la precipitación de carburos cuando son expuestos en el rango de 800 - 1500 °F. El tipo 317 es mas resistente al ataque intergranular ya que es un acero inoxidable estabilizado, cuando son expuestos a soldadura

debido a su mayor contenido de Cromo y Molibdeno. A temperaturas tan altas como 120°F los tipos 316 y 317 son resistentes a soluciones de ácido sulfúrico hasta un 5% de concentración y a temperaturas por abajo de 100°F ambos tipos tienen excelente resistencia a soluciones de mayor concentración.

Donde existe condensación de gases de azufre, estos aceros son mucho mas resistentes que cualquiera de los otros tipos. También son menos susceptibles a corrosión por picaduras en procesos donde se manejen vapores de ácido acético o soluciones de cloruros, bromuros o yoduros.

Tienen excelente resistencia a los ácidos grasos a alta temperatura. El mayor uso de estos tipos de inoxidable es en la fabricación de productos farmacéuticos, ya que las aleaciones con Molibdeno son requeridas con el propósito de evitar una contaminación metálica.

Tipo 316L- Es un acero inoxidable de bajo contenido de Carbono el cual es una modificación del tipo 316.

Para los casos donde las condiciones de servicio tienden a la precipitación de carburos, se han desarrollado los aceros inoxidables estabilizados los cuales deben ser usados para las condiciones de servicio más severas. Estos aceros inoxidables son

los tipos 317, 321 y 347.

Tipo 317- Este tipo de acero inoxidable, posee máxima resistencia a la termofluencia y a la corrosión. Contiene de 3 a 4% de Molibdeno y es usado en aplicaciones específicas donde la contaminación debe ser prácticamente nula, por ejemplo en aparatos protésicos usados en medicina, placas y tornillos para huesos, y en las mismas que el tipo 316.

Además el tipo 317 es un acero inoxidable estabilizado, con la adición de Columbio, Vanadio y/o Titanio, lo cuál evita la precipitación de carburos de Cromo. En este caso, se tiene una precipitación de carburos de Columbio, Vanadio y/o Titanio, mismos que le imprimen al material resistencia tanto mecánica como a la corrosión.

Los tipos de aceros inoxidables austeníticos menos estables están sujetos a la precipitación de carburos de Cromo en los límites de granos, cuando son mantenidos a temperatura o enfriados lentamente en un rango de aproximadamente 800 - 1600°F.

Tipo 321- Es un grado estabilizado para soldaduras sujeto a condiciones severamente corrosivas y al servicio en el rango de temperatura de 800 a 1600°F, este tipo es el acero 18%Cr - 8%Ni, estabilizado por Titanio. No es susceptible a la corrosión

intergranular por calentamiento dentro del rango de precipitación de carburos, su resistencia a la corrosión no es tan buena como la del tipo 347, de aquí que sea usado únicamente donde las condiciones corrosivas existentes no sean tan severas y donde se desee que no exista corrosión intergranular.

Para soldar este acero deberán usarse electrodos del tipo 347 ya que los del tipo 321 no son usualmente disponibles debido a que el Titanio es fácilmente oxidado y por tanto se ve disminuido en las operaciones de soldadura.

Los usos de este material es en silenciadores de aeronaves y en chimeneas donde la temperatura de operación es sobre 1100°F, en partes de reactores, equipo de proceso tales como tanques y otros equipos soldados, fabricados de placa mayores de 1/2" de espesor, y equipos operando en el rango de 1000 - 1600°F.

Tipo 347- Es un acero al Cromo - Níquel estabilizado por Columbium, resistente al ataque intergranular después del calentamiento dentro del rango de la precipitación de carburos de 800 - 1600°F. Pero una exposición por largo tiempo en este rango puede causar una ligera disminución en su resistencia a la corrosión en el más severo ambiente corrosivo.

Este material es usado para equipo pesado soldado y para servicios dentro del rango de 800 - 1500°F y cuando existen condiciones corrosivas durante o después de la exposición a dicho rango de temperatura.

3.2.2.2- ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS.

Los aceros inoxidable martensíticos son aleaciones Hierro - Cromo los cuales contienen de 12 - 17% de Cromo y cantidades significantes de Carbono y en algunos casos pueden incluir hasta un 3% de Níquel.

La principal característica de los aceros de esta clase es su capacidad a templarse por tratamiento térmico de una manera similar a los aceros al carbono, aleados o de alto carbono.

Los aceros inoxidable martensíticos son de la serie 400 y podemos citar a los siguientes tipos: 403, 410, 414, 416, 420, 431, 440A, 440B, 440C.

La facilidad de temple es debido a la alta relación de Carbono y al Cromo necesario para incrementar la templabilidad y provocar la transformación microestructural mediante enfriamiento desde 1500°F.

Las mejores propiedades mecánicas así como la resistencia a la corrosión se encuentran cuando estos aceros están en la condición de temple y revenido.

Los aceros inoxidable martensíticos son ferromagnéticos; son especialmente adecuados para trabajos rudos donde se requiere alta resistencia a la abrasión y erosión así como dureza. Debido a que son templeables, es necesario enfriar cuidadosamente después de efectuar un trabajo de soldadura para evitar un esfuerzo excesivo y posible ruptura. Se recomienda también aplicar un tratamiento de revenido.

Las características específicas de los tipos mas usados en la industria, de la serie de los martensíticos, son dados a continuación:

Tipo 410- Es un acero inoxidable resistente a la corrosión y a altas temperaturas, con un amplio rango de propiedades mecánicas obtenidas por tratamiento térmico; es fácilmente templeable por enfriamiento con aire, posee un alto grado de resistencia a la corrosión atmosférica porque forma una película de óxido fuertemente adherente la cual protege a la superficie de posteriores ataques, resiste la oxidación hasta 1500°F.

Para servicio continuo, la temperatura no debe exceder de 1200 - 1300°F aunque la oxidación es altamente afectada por las condiciones de operación y la atmósfera presente.

Este material es usado para equipos en fábricas de papel, transportadores, recipientes a presión y a vacío, internos de torres de destilación, partes internas de bombas, partes de instrumentos de precisión, válvulas y partes de las mismas, partes de quemadores en los calentadores y accesorios para la industria petrolera, etc..

Tipo 414- Este acero presenta alta resistencia a la oxidación, lo que permite su uso a temperaturas de hasta 1250°F; su elevada templabilidad hace que sea usado para resortes y partes de máquinas, también se usa en la fabricación de flechas, asientos de válvulas y equipo de minería, posee mejores propiedades mecánicas debido en parte a la adición de una pequeña cantidad de Níquel (2.5% máx.).

Tipo 416- Es un acero templable, sus propiedades mecánicas son similares a las del tipo 410, la resistencia a la corrosión de este acero no es tan buena como los otros tipos conteniendo 12 - 14% Cr, ya que este material bajo fuertes condiciones corrosivas, muestra generalmente un mayor índice de corrosión que otros tipos con contenido similar de Cromo.

3.2.2.3.- ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS.

Son las aleaciones Hierro - Cromo que presentan contenidos de Cromo mayor dentro del rango de 14 - 27%.

Estos aceros tienen una baja relación de Carbono - Cromo, por lo que no se pueden templear por tratamiento térmico. La dureza puede incrementarse ligeramente mediante trabajo en frío, poseen una excelente resistencia a la corrosión a temperaturas elevadas, son magnéticos y pueden trabajarse tanto en frío como en caliente, pero presentan su máxima ductilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido.

El recocido es el único tratamiento térmico aplicado a los aceros ferríticos, el cual sirve sobre todo para eliminar tensiones por soldadura o trabajo en frío.

Los tipos 405, 430, 430F y 446 forman el grupo de los ferríticos cuyas características más relevantes se indican a continuación.

Tipo 405.- La resistencia a la corrosión y oxidación de esta aleación es prácticamente igual que el tipo 410. Este acero es usado para estructuras soldadas operando a temperaturas abajo de 1200°F mismas que no pueden ser endurecidas después de la soldadura.

La adición de 0.2% de Aluminio como estabilizador ferrítico mejora la soldabilidad haciéndola no endurecible, por lo que el uso más frecuente del tipo 405 es donde no se desean los tipos endurecibles en aire, por ejemplo: tipos 403 o 410.

Tipo 430.- Este acero es la aleación básica del grupo ferrítico, es un acero con 17% Cromo, no endurecible, es muy usado para automóviles, equipos de cocina y otros adornos decorativos. Es ampliamente usado porque resiste la corrosión atmosférica en plantas de manufactura de ácido nítrico por el proceso de oxidación de amoniaco. El tipo 430 posee buena ductilidad, es fácilmente trabajado en frío o en caliente. Es apropiado para estampado, maquinado, vaciado y forjado. Es fácilmente soldado por métodos eléctricos y bajo ciertas condiciones por oxiacetileno.

Tipo 446.- Este grado tiene mayor resistencia a la corrosión y formación de escamas a altas temperaturas, especialmente para servicio intermitente, es uno de los aceros mas resistentes a la oxidación comercialmente disponible y puede usarse a temperaturas hasta 2150°F, a temperaturas mayores, puede formar una escama delgada, dependiendo de la atmósfera presente, pero ésta queda fuertemente adherida y previene la oxidación posterior. Sus principales aplicaciones son en partes de hornos, bafles de calderas, partes de recuperadores de calor, forros de hornos,

moldes para la industria del vidrio, registros de hornos y chimeneas, soportes de tubos en calentadores de aceite y equipos de proceso.

3.3.- MECANISMOS DE FALLAS.

Las consideraciones de tipo metalúrgico que deben hacerse durante la selección de materiales son numerosas y complejas, puesto que deben analizarse individualmente y luego en forma conjunta, por tal razón resulta casi imposible recomendar alguna solución sin un estudio minucioso de todas las condiciones del proceso.

Los equipos de proceso así como tuberías y accesorios pueden sufrir fallas como consecuencia del desarrollo de diversos mecanismos los cuales pueden ser:

3.3.1.- AGRIETAMIENTO POR CORROSION BAJO ESFUERZO.

Este mecanismo ocurre durante la exposición de un metal o aleación tanto a un esfuerzo sostenido de tensión menor al límite elástico como a un medio ambiente considerado poco corrosivo, que combinados conduce a falla en mucho menor tiempo del que resultaría si las dos condiciones se presentan por separado.

El proceso se caracteriza porque el material permanece virtualmente sin ser atacado en toda su superficie mientras se propagan pequeñas y numerosas grietas ramificadas, mismas que pueden seguir una trayectoria transgranular o intergranular.

Los esfuerzos se originan y presentan en las etapas de manufactura (fusión, tratamientos térmicos, soldadura, etc.), o en el servicio (cargas mecánicas aplicadas, vibración, presión, etc.). Ver fig. No. 1.

Durante los paros de operación es quizá cuando más se desarrolle este fenómeno, debido a la condición de estancamiento del flujo en equipo y tuberías.

La acción corrosiva tiene como agentes a ciertas substancias para un material específico y no siguen un patrón general.

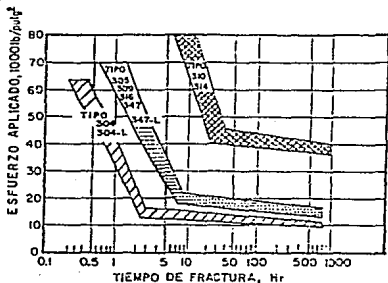


Fig. No. 1.- Efecto del nivel de esfuerzo sobre el tiempo de falla en algunos aceros inoxidables austeníticos expuestos a $MgCl_2$ al 42% en ebullición.

En la tabla No.3.2, aparecen algunas de las combinaciones metal - medio ambiente donde se ha encontrado este mecanismo de falla.

El agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo se favorece particularmente en los aceros inoxidable austeníticos, cuando estos presentan precipitación de carburos en los límites de grano debido a prolongadas exposiciones a temperaturas en el rango de 800 - 1500°F o bien durante el proceso de soldadura.

**TABLA No. 3.2.- AMBIENTES QUE PUEDEN CAUSAR CORROSION BAJO
ESFUERZO DE METALES Y ALEACIONES.**

Aleaciones de aluminio.

Soluciones de NaCl - H₂O₂.

Soluciones de NaCl.

Agua de mar, aire, vapor de agua.

Cobre y sus aleaciones.

Vapores de amoníaco y soluciones.

Aminas.

Agua, vapor de agua.

Aleaciones de oro.

Soluciones de FeCl₃.

Soluciones de ácido acético, sal.

Inconel.

Soluciones de sosa cáustica.

Plomo.

Soluciones de acetato de plomo.

Aleaciones de magnesio.

NaCl - K_2CrO_4 en solución.

Atmósferas rurales y costeras.

Agua destilada.

Monel.

Sosa cáustica fundida.

Acido fluorhídrico.

Acido fluorhidrosilísico.

Niquel.

Sosa cáustica fundida.

Aceros al carbono.

Soluciones de NaOH.

Soluciones de NaOH - Na_2SiO_2 .

Soluciones de nitrato de sodio.

Calcio, Amoníaco.

Mezclas de ácidos (H_2SO_4 - HNO_3).

Soluciones de HCN.

Soluciones de H_2S .

Agua de mar.

Aleaciones fundidas de Na - Pb.

Aceros inoxidables.

Soluciones ácidas de cloruros tales como: $MgCl_2$ y $BaCl_2$.

Soluciones de $NaCl - H_2O$.

Agua de mar, H_2S .

Soluciones de $NaOH - H_2S$.

Vapor condensado de agua clorada.

Aleaciones de titanio.

HNO_3 , metanol - HCl , agua de mar, N_2O_4 .

3.3.2.- FRAGILIZACION POR HIDROGENO.

De todas las formas de daño por hidrógeno, la fragilización es la mas peligrosa, pues su detección muchas veces resulta sumamente difícil dando lugar a fallas repentinas que pueden ocasionar verdaderos desastres.

La absorción y posterior fragilización por hidrógeno es común en aceros y ciertas aleaciones de alta resistencia al estar en contacto con ambientes que suministren fácilmente este elemento en forma atómica como son el agua, aire húmedo, hidrocarburos, ácidos, álcalis fuertes y el sulfuro de hidrógeno, sin embargo, se han registrado casos de fragilización en el manejo de hidrógeno molecular gaseoso.

La fig. No.2, muestra el aumento de la susceptibilidad de la fragilización de un acero tipo 4340 (1.8% Ni, 0.8% Cr, 0.25% Mo) con diferentes períodos de horneado para eliminar el hidrógeno absorbido, a medida que el esfuerzo es mayor.

Existen algunas teorías que intentan explicar este mecanismo basadas en la interferencia de los deslizamientos de dislocaciones por parte del hidrógeno al acumularse en los lugares cercanos a ellas o en alguna otra discontinuidad.

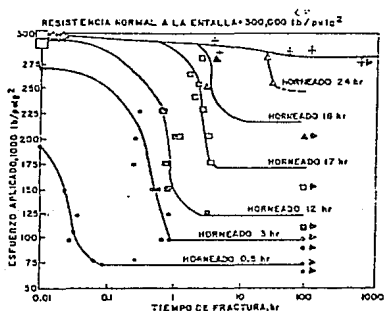


Fig. No. 2.- Curvas de falla para varias concentraciones de hidrógeno obtenidas por el horneado por diferentes tiempos a 300°F.

Una medida preventiva para minimizar este fenómeno, es el horneado de los materiales a temperaturas relativamente bajas del orden de 200 a 300°F. Esta medida se toma con frecuencia cuando se utilizan en construcción o reparación electrodos de bajo hidrógeno, así como el mantenimiento del área de soldadura completamente aislada del medio ambiente.

3.3.3.- TERMOFLUENCIA.

Esfuerzos por abajo del límite elástico del material, aplicados a elevadas temperaturas, producen una deformación continua del elemento y da lugar al mecanismo conocido como creep o termofluencia.

Dicho fenómeno comprende tres etapas. Primeramente el metal sufre una deformación inicial elástica producto de la carga aplicada; posteriormente viene un incremento rápido en la deformación plástica (dentro de la misma primera etapa); después hay una velocidad U aproximadamente constante (segunda etapa) y finalmente, hay un incremento drástico en la velocidad de deformación hasta ocasionar la fractura o falla (tercera etapa).

La siguiente figura muestra mas claramente el desarrollo de este mecanismo.

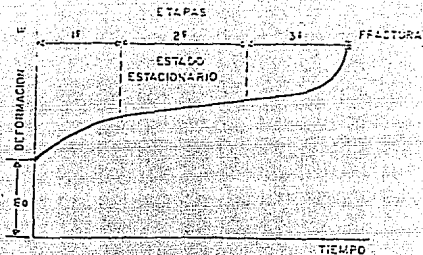


Fig. No. 3.- Curva de termofluencia.

La explicación breve de la gráfica anterior se da a continuación:

1a. Etapa.- Es también conocida como creep transitorio y representa un ajuste rápido dentro del material, durante la cual la deformación plástica activada térmicamente ocurre en los primeros instantes, después de la deformación inicial. Dicho ajuste dentro del material comprende el control de la difusión, desplazamiento de dislocaciones y concentración de vacancias.

2a. Etapa.- Después de la etapa anterior, la velocidad de deformación decrece notablemente de acuerdo a las imperfecciones cristalográficas y entra en un estado estacionario, en donde existe la mínima velocidad de deformación.

3a. Etapa.- Esta se inicia cuando se va haciendo crítica la reducción de área, hasta llegar a la fractura.

Donde frecuentemente se presentan fallas por termofluencia son en los equipos de transferencia de calor, ya que operan a elevadas temperaturas lo que provoca un sobrecalentamiento, mismo que produce la decarburación de los aceros, disminuyendo la resistencia del material acelerando el proceso arriba descrito.

3.3.4.- FATIGA.

La fatiga como causa de falla se presenta por la combinación de los altos esfuerzos estáticos originados por la presión de servicio, esfuerzos resultantes del desalineamiento de componentes o esfuerzos residuales inducidos durante la soldadura, con el componente cíclico aportado mecánicamente (vibración por equipo asociado, pulsación de compresoras o fluctuaciones térmicas).

La nucleación de este mecanismo ocurre en un concentrador de esfuerzos como es una entalla desde el cual se propaga una grieta hasta que la sección no soporta la carga aplicada.

En ciertas ocasiones se ha optado por cambiar el material para minimizar el riesgo pero esto no siempre es suficiente, siendo necesario el cambio de diseño de la sección.

El mecanismo de fatiga comprende tres etapas:

- Nucleación de la grieta.
- Propagación de la grieta.
- Fractura súbita de la sección transversal restante.

En la práctica es muy difícil predecir la falla por fatiga, debido a que depende de variables que no son fáciles de controlar como son: cambios en las condiciones de la carga, esfuerzos locales y características locales del material.

La fatiga también se puede presentar por cambios térmicos y es muy común la combinación con el fenómeno de corrosión (corrosión-fatiga).

De esta forma queda claro que la falla por fatiga dependerá concretamente de las características de esfuerzo, temperatura y ambiente corrosivo, para los mecanismos de fatiga y corrosión-fatiga.

La presencia o aparición de cualquiera de los mecanismos antes mencionados son función de numerosos factores que pueden influir

en el desarrollo de los mismos, los cuales a su vez pueden ocasionar desde interrupciones de servicio de la planta hasta contingencias catastróficas con cuantiosas pérdidas materiales y humanas.

Entre dichos factores podemos citar a los siguientes:

a) Deficiencias en el diseño:

Espesores de pared.

Soportería.

Gradientes de temperatura y esfuerzos.

Soldadura: localización, procedimientos, materiales.

b) Selección inadecuada de:

Material base.

Material de aporte.

c) Procesos de fabricación incorrectos:

Soldadura: Calificación de procedimientos.

Calificación de habilidad de soldadores.

Materiales de aporte.

Conformado de tapas y sistemas de enfriamiento.

Colocación de recubrimientos internos.

Limpieza interior del cuerpo.

- d) Condiciones anormales de operación, diferentes con las que fué diseñado el equipo.
- e) Falta de mantenimiento.
- f) Degradación de las condiciones físicas y mecánicas de los materiales por el tiempo y condiciones de servicio.

Se puede establecer que un mecanismo de falla o propiamente una falla de algún equipo o componente metálico ocurre por la conjugación de varios factores, de ahí la importancia de todos los anteriormente mencionados.

3.4.- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

En la fabricación y/o construcción de cualquier componente, ensamble de maquinaria, equipos de proceso e instalaciones, intervienen una serie de etapas cuya finalidad está perfectamente bien definida y delimitada. Tales etapas son: diseño, fabricación o construcción, montaje e inspección y pruebas.

Dado que cada una de las etapas mencionadas son tan extensas, únicamente nos ocuparemos de las dos últimas.

Normalmente, la inspección y pruebas son aplicables a los materiales y se pueden clasificar en destructivas y no destructivas.

Como se indicó en el capítulo 2, las primeras tienen como objetivo determinar cuantitativa y cualitativamente el valor de ciertas propiedades de los materiales tales como la tensión, compresión, impacto, dureza, fatiga, etc.

La ejecución de las pruebas destructivas, como su nombre lo indica, involucra la destrucción de la probeta o la pieza empleada en la determinación correspondiente.

Por su parte las pruebas no - destructivas tienen la finalidad de verificar la sanidad de las piezas examinadas o sea que no se busca determinar las propiedades del material sino comprobar la homogeneidad y continuidad del mismo sin afectar de manera permanente sus propiedades.

Los métodos de inspección y pruebas no - destructivas comúnmente utilizados son los siguientes:

- a) Inspección visual
- b) Inspección radiográfica
- c) Inspección ultrasónica
- d) Inspección por partículas magnéticas
- e) Prueba de líquidos penetrantes
- f) Prueba de réplicas metalográficas
- g) Prueba de dureza

La inspección y pruebas no destructivas permite a las industrias fabricar los bienes de consumo más rápida, económicamente y de mayor confiabilidad en la calidad del producto que a fin de cuentas conduce a diseños mejorados de las instalaciones en general.

Los distintos ensayos no - destructivos estan fundamentados en las bases técnicas que a continuación se describen así como sus ventajas y desventajas de los mismos.

3.4.1.- INSPECCION VISUAL.

La inspección visual normalmente no está considerada en las normas internacionales que regulan la capacitación, calificación y certificación del personal de ensayos no - destructivos por lo que solo se mencionará que es el método mas ampliamente usado en la industria y que permite la detección de las discontinuidades y defectos superficiales de los materiales inspeccionados.

3.4.2.- INSPECCION RADIOGRAFICA.

Probablemente el método radiográfico es el mas antiguo y usado, éste es empleado para detectar discontinuidades internas en uniones soldadas, piezas forjadas y fundidas lo cual permitirá su reparación antes de que puedan ser peligrosos.

En la mayor parte de la radiografía se utiliza película como medio de detección y registro, ésta tiene la ventaja de ser sensible a pequeñas cantidades de radiación, indicaciones por procesamiento químico para producir una imagen visible permanente.

Estas películas son capaces de mostrar detalles muy pequeños y tienen un alto contraste que permite distinguir cualquier tipo

de discontinuidades.

Este método está basado en el uso de los rayos X o rayos gamma, los rayos X son generados por dispositivos electrónicos formado por un tubo al vacío donde se calienta un filamento, formándose alrededor de éste una nube de electrones.

Si se crea un alto diferencial de voltaje entre esta nube y el blanco de un ánodo cargado positivamente, los electrones serán fuertemente atraídos y chocarán a gran velocidad con el material del blanco, produciendo calor y rayos X. La forma y dirección del haz de rayos X están determinados básicamente por la forma y posición del blanco del ánodo; además el tubo lleva un blindaje que nos permite tener un haz perfectamente definido.

Para obtener resultados satisfactorios es necesario controlar varios factores, por ejemplo: el voltaje determina el poder de penetración del haz y el amperaje determina su densidad; el tiempo representa la duración de la exposición y la distancia es medida de la fuente a la película.

Los rayos gamma son generados por fuentes radioactivas naturales o por isótopos radioactivos artificiales producidos para fines específicos de radiografía industrial. Las fuentes de rayos gamma mas comunes son los isótopos Cobalto 60 e Iridio 192, contenidos

en pequeños contenedores, los cuales proporcionan radiación en el rango general de longitudes de onda que los generadores de rayos X de medio a alto voltaje.

Debido a que los isótopos emiten radiación continuamente, es necesario mantenerlos dentro de contenedores o cámaras de plomo que ayudan a un almacenamiento seguro.

Aunque los isótopos son portátiles y económicos, son menos flexibles en cuanto al control del haz de radiación. El tipo de fuente determina la longitud de onda o energía de la radiación. La actividad específica determina la intensidad o cantidad de radiación. El tiempo y la distancia pueden aún ser controlados para obtener una buena exposición.

La disposición de la fuente de radiación, el material a inspeccionar y la película radiográfica se ilustran de manera sencilla en la siguiente figura.

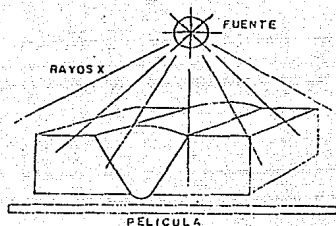


Fig. No. 4.

Los cuerpos sólidos opacos a la luz visible permiten el paso de cierta cantidad de rayos X ó gamma absorbiendo otra parte , misma que depende de la densidad y el espesor del material inspeccionado. Mientras mas denso sea el material, absorberá mayor cantidad de radiación y por tanto permitirá el paso de una menor cantidad de ésta, la cual incide en la película radiográfica. Entre mayor sea la cantidad de radiación incidente en la película mas oscura quedará ésta. En las figuras Nos. 5 y 6 se ilustran los efectos tanto del material como del espesor.

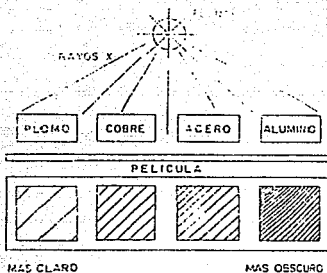


Fig. No. 5.- Esta figura ilustra la influencia de la densidad del material en la película, donde la parte mas oscura corresponde al material de menor densidad.

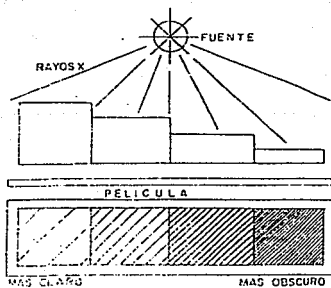


Fig. No. 6.- Efecto del espesor, obsérvese que la parte mas ennegrecida de la película corresponde al espesor menor.

Las radiografías para ser confiables, necesitan cumplir con ciertos requisitos tales como: densidad radiográfica y calidad de imagen.

La densidad radiográfica de una película es el grado de "ennegrecimiento", es decir, la cantidad de luz que permite pasar de un lado a otro.

La calidad de imagen puede ser evaluada mediante un indicador de calidad de imagen o penetrámetro.

Al llevar a cabo la inspección, los penetrámetros se eligen de manera que el espesor "t" represente aproximadamente el 2% del espesor de la parte inspeccionada.

Estos indicadores de calidad A.S.T.M. tienen tres barrenos cuyos diámetros son 1, 2 y 4 veces el espesor, es decir, 1t, 2t, y 4t.

Lo anterior significa, que si en una película radiográfica se puede apreciar el barreno 2t, también podrán apreciarse discontinuidades de un espesor t (aproximadamente 2% del espesor de la pieza) y un área de diámetro aproximado de 2t (4% de espesor de la pieza). Por tanto, se tiene una sensibilidad 2, 2t.

Las figuras Nos. 7,8 y 9 muestran diferentes diseños de penetrámetros A.S.T.M. y la No. 10, ilustra la forma en que los penetrámetros son colocados durante la inspección.

Limitaciones:

- 1.- Se requiere tener acceso por dos lados, opuestos del objeto a inspeccionar.
- 2.- El personal debe ser adiestrado, experimentado y calificado.
- 3.- Solo registra discontinuidades mayores al 2% del espesor del material inspeccionado.
- 4.- No indica la profundidad a la que se encuentra la discontinuidad.
- 5.- Las partes de geometría compleja son difíciles de inspeccionar.
- 6.- El manejo del equipo representa riesgos si no se observan las normas de seguridad pertinentes.
- 7.- El procesamiento de la película es tardado. Aunque puede usarse una pantalla fluorescente para obtener imágenes instantáneas.
- 8.- El uso de pantallas fluorescentes no proporcionan una imagen permanente y se sacrifica algo de sensibilidad a pequeños detalles.

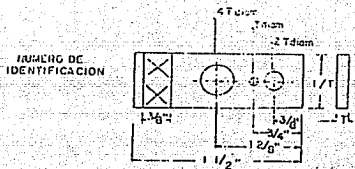


Fig. No. 7.- Diseño de penetrámetros de 0.005 a 0.050" de espesor.

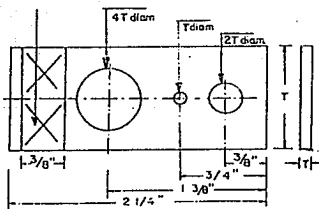


Fig. No. 8.- Diseño de penetrámetros de 0.060 a 0.160" de espesor.

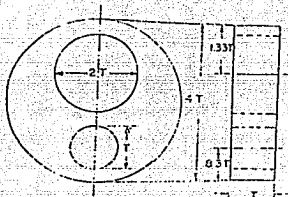


Fig. No. 9.- Diseño de penetrómetros de 0.060 a 0.160" de espesor.

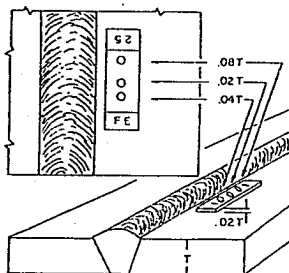


Fig. No. 10.- Colocación de penetrómetros durante la inspección.

Ventajas:

- 1.- Permite la inspección de la mayoría de los materiales.
- 2.- Ofrece un registro permanente de sensibilidad para detectar pequeñas discontinuidades.
- 3.- Proporciona gran versatilidad para la inspección de campo.

3.4.3.- INSPECCION ULTRASONICA.

Este método se emplea para detectar discontinuidades superficiales e internas por medio de vibraciones mecánicas similares a las ondas sonoras, pero de una frecuencia mayor a la del sonido audible para el ser humano.

Las frecuencias que se emplean en este método van de 0.25 a 25 MHz. En la inspección de uniones soldadas y materiales metálicos, la frecuencia útil es de 1 a 5 MHz.

Las ondas ultrasónicas son generadas por materiales llamados transductores los cuales tienen la propiedad de transformar la energía eléctrica en mecánica y viceversa, que al ser excitados eléctricamente vibran a altas frecuencias, generando ultrasonidos, debido al efecto piezoeléctrico.

Durante la inspección, el haz ultrasónico se dirige al interior del material el cual viaja a través de éste y es reflejado al ser interceptado por una discontinuidad o por un cambio en el material.

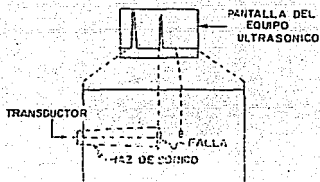


Fig. No. 11.- Representación esquemática del funcionamiento del equipo de ultrasonido.

En la detección de discontinuidades por ultrasonido, los métodos mas comúnmente usados son el ecopulsante y el de transmisión. El método ecopulsante emplea un solo transductor que funciona como emisor y receptor, mientras que el de transmisión requiere de dos transductores, un emisor y un receptor.

El ultrasonido puede usarse en metales y en no metales prácticamente de cualquier espesor; el método es especialmente útil para inspeccionar la fusión entre capas de materiales diferentes, para detección de discontinuidades laminares y para determinar espesores de pared desde un solo lado de la pieza.

Para llevar a cabo el acoplamiento entre la pieza a inspeccionar y el transductor, normalmente se usa grasa, aceite, glicerina, etc. a fin de que el sonido pueda pasar del transductor al material.

Como el agua es un acoplador natural, la inspección automática de piezas de forma irregular o gran tamaño se realiza a menudo por inmersión.

Hay palpadores (transductores) que emiten haces angulares y ondas superficiales.

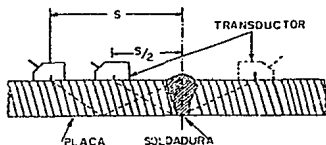


Fig. No. 12.- Inspección con haz angular de una unión soldada a tope.

Ventajas:

- 1.- Proporciona resultados de prueba instantáneos.
- 2.- Puede utilizarse prácticamente en cualquier espesor.
- 3.- El equipo es usualmente portátil.
- 4.- Solo se requiere tener acceso por un lado del material a inspeccionar.
- 5.- Detecta discontinuidades subsuperficiales muy pequeñas.
- 6.- Tiene alta capacidad de penetración.

Desventajas:

- 1.- Este método está limitado por la geometría, estructura interna, espesor y acabado superficial de los materiales a inspeccionar.
- 2.- Aunque el equipo es de fácil operación, se requieren técnicos altamente capacitados para hacer las interpretaciones.
- 3.- Normalmente no se obtiene un registro gráfico.

3.4.4.- INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS.

Este método se usa para la detección de discontinuidades superficiales o muy cerca de la superficie de prueba, resultantes de fatiga, esfuerzos térmicos y procesos de fabricación tales

como soldadura o esmerilado en materiales ferromagnéticos y defectos de fundición.

Cuando se induce un campo magnético en un cuerpo y éste presenta una grieta, las líneas del campo magnético son forzadas alrededor de la misma y al aire; si a esta pieza magnetizada se le aplican partículas ferromagnéticas, éstas serán atraídas hacia la grieta o fuga del campo, dando así la indicación de que existe una discontinuidad. La figura No. 13, muestra dicho efecto.

Es importante hacer notar que las posibles discontinuidades solo podrán ser detectadas si son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético.

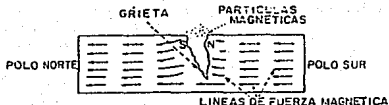


Fig. NO. 13.- Principio de operación de las partículas magnéticas.

Para efectuar una inspección por este método, es necesario tomar en cuenta las etapas básicas involucradas que son:

- a) Limpieza. Cada parte a inspeccionar debe estar libre de grasa, aceite, óxido u otro contaminante que pueda interferir con el exámen.

- b) Magnetización. Esta puede ser hecha por medio de un imán permanente, con un electroimán o por el paso de una corriente eléctrica a través de la pieza.

- c) Aplicación de las partículas. Una vez magnetizadas las piezas, se procede a la aplicación de las partículas, mismas que serán atraídas hacia cualquier fuga de campo, indicando así la discontinuidad que interrumpe el flujo magnético.

- d) Interpretación de resultados. Se procede a inspeccionar la pieza y en base a las partículas adheridas magnéticamente a las discontinuidades, si las hay, se puede juzgar la forma, tamaño y localización de éstas.

En algunos casos es necesario desmagnetizar las piezas, debido a que el magnetismo residual puede afectar el funcionamiento; por ejemplo, las piezas cuyas superficies son sometidas a rozamiento pueden sufrir abrasión excesiva.

Las partículas magnéticas pueden ser visibles (350 - 900 Å) y fluorescentes donde la inspección se hace con luz ultravioleta de longitud de onda de 3200 a 3800 Å ó bien con luz negra que sirve para detectar grietas muy pequeñas.

De acuerdo con el método de aplicación, las partículas magnéticas pueden ser: Partículas Secas y Partículas en Suspensión (agua o aceite).

Por otra parte los tipos de magnetización puede realizarse por medio de las siguientes formas:

- a) Imán permanente.
- b) Electroimán (yugo).
- c) Por puntas.
- d) Grapas o pinzas de contacto.
- e) Bobinas.
- f) Conductor central.
- g) Entre cabezales.

Los campos inducidos pueden ser longitudinales o circulares. Asimismo la magnetización puede ser inducida directa o indirectamente, dependiendo de si la corriente eléctrica atraviesa la pieza inspeccionada o si ésta es colocada dentro del campo generado por un conductor adyacente.

Algunas de las formas de magnetización arriba mencionadas se muestran en las figuras Nos. 14, 15, 16, 17 y 18.

Las corrientes de magnetización empleadas pueden ser:

- Corriente alterna.
- Corriente continua de onda completa.
- Corriente continua rectificada de media onda.

La selección del tipo de partículas, forma de aplicación y método y las corrientes de magnetización dependen específicamente de la aplicación ya que cada variante presenta ventajas y desventajas. Por ejemplo, la corriente alterna proporciona una mayor densidad de flujo en la superficie y por lo tanto una mejor sensibilidad para detectar discontinuidades superficiales, pero es ineficiente para las discontinuidades más profundas. Por el contrario, la corriente directa tiene una mayor penetración de flujo en la pieza permitiendo detectar discontinuidades subsuperficiales pero, el inconveniente que presenta es que las piezas son difíciles de desmagnetizar.

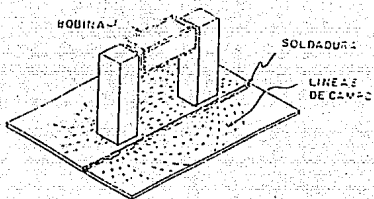


Fig. No 14.- Magnetización con yugo.

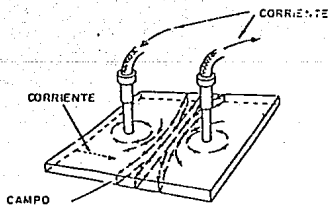


Fig. No. 15.- Magnetización por puntas.

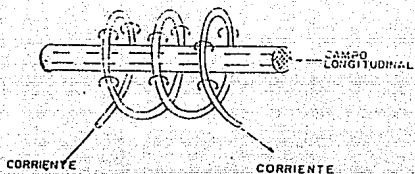


Fig. No. 16.-Magnetización longitudinal en el campo de una bobina.

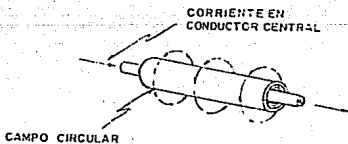


Fig. No. 17.- Magnetización indirecta en campo circular.

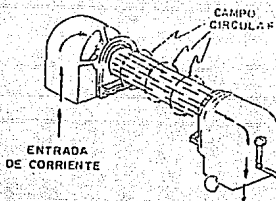


Fig. No. 18.- Magnetización directa en campo circular.

(Magnetización entre cabezales)

La aplicación de una corriente de alto amperaje y bajo voltaje a través de una pieza, el campo magnético circular inducido es perpendicular a la corriente y nos sirve para detectar grietas longitudinales aplicando partículas fluorescentes en solución y observando los resultados bajo luz negra.

Por otro lado, para detectar grietas transversales es necesario girar la pieza entre los electrodos con el fin de que la discontinuidad sea perpendicular a las líneas del campo magnético circular producido.

Es difícil inspeccionar grandes piezas o ensambles completos, de manera que frecuentemente se tienen que usar electrodos para inducir un campo circular y poder detectar discontinuidades en las uniones soldadas de complejas estructuras.

Ventajas:

- 1.- Flexibilidad en la magnetización de piezas.
- 2.- Puede ser usado continuamente en líneas de producción.
- 3.- La inspección es rápida y económica.
- 4.- Requiere de un menor grado de limpieza.
- 5.- Puede revelar discontinuidades que no afloran a la superficie (subsuperficiales hasta una profundidad de 3.2 mm).

Desventajas:

- 1.- Limitado únicamente a materiales ferromagnéticos.
- 2.- Solo se detectan discontinuidades sobre o cerca de la superficie de inspección ya que no tiene mayor capacidad de penetración.
- 3.- Requiere del suministro de energía eléctrica. Por lo que el uso de este método en campo puede resultar caro y lento.
- 4.- La orientación de la grieta debe ser perpendicular a las líneas del campo magnético.

- 5.- En algunos ensayos es necesario la desmagnetización posterior.
- 6.- Para magnetizar piezas grandes se requiere de excesivas corrientes.
- 7.- Cuando se utilizan pinzas o puntas con elevada circulación de corriente se produce un calentamiento localizado y quemado de la superficie de la pieza, provocando con esto una alteración en las propiedades del material.

3.4.5.- INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES.

Este es un método de prueba no-destructiva empleado para detectar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados.

Las indicaciones de discontinuidades pueden encontrarse a pesar del tamaño, configuración, estructura interna o la composición química de la pieza; además de que no importa la orientación de la discontinuidad.

En la práctica, el proceso de inspección por este método es relativamente simple ya que consiste en la aplicación de un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar, previamente limpia.

La inspección depende principalmente de una efectiva "mojabilidad" del líquido en la superficie de la pieza, el cual flota sobre ésta, formando una capa continua y razonablemente uniforme penetrando en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad; esta habilidad del líquido es función de los factores siguientes:

- Limpieza de la superficie.
- Configuración y tamaño de la discontinuidad.
- Tensión superficial del líquido.
- Habilidad del líquido para mojar la superficie.

Al realizar la inspección por este método es necesario seguir los siguientes pasos:

A.- Limpieza de la superficie. Consiste en la eliminación de cualquier contaminante tales como óxido, grasa, aceite, pintura, etc., ya que pueden dificultar la penetración del líquido hacia la posible discontinuidad.

Para una adecuada prelimpieza puede usarse cualquiera de los procedimientos indicados a continuación.

- Limpieza con detergentes.
- Limpieza con solventes.

- Desengrasado con vapor.
- Limpieza por abrasión (Sand Blast).

B.- Aplicación del penetrante. Este se aplica a la superficie por medio de aspersión, inmersión o por brocha, depositando una película uniforme; el penetrante debe permanecer un lapso de tiempo, llamado de penetración (generalmente de 15 a 20 min), lo que permite que el líquido se introduzca en las discontinuidades existentes.

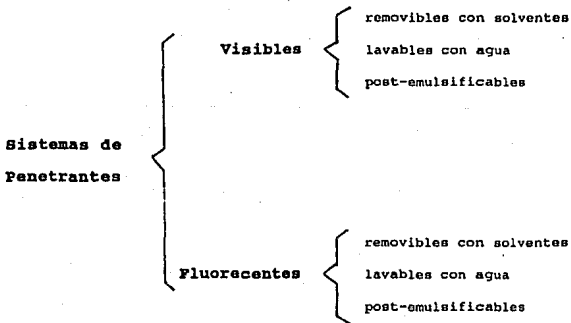
C.- Eliminación del exceso de penetrante. Consiste en remover o lavar el líquido en exceso que no haya penetrado en las discontinuidades.

D.- Aplicación del revelador. Generalmente es una dispersión de partículas que se aplica por medio de aspersión, formando una capa uniforme, lo cual provoca que el penetrante que se haya introducido en las discontinuidades empiece a brotar sobre las superficies y esta acción ayuda a delinear la discontinuidad en el material, indicando esto la presencia, localización y en general la naturaleza y magnitud de las discontinuidades presentes.

E.- Exámen visual e interpretación. Una vez reveladas las discontinuidades presentes, éstas deben ser interpretadas y evaluadas; por ejemplo, las grietas grandes y los poros pueden revelarse rápidamente, mientras que las fisuras finas se revelan mas lentamente y de manera tenue.

F.- Limpieza final. Consiste en la eliminación de todos los residuos de penetrante y revelador usados para inspeccionar la pieza.

Existen dos tipos de líquidos penetrantes, visibles y fluorescentes, mismos que pueden ser removidos con solventes, agua o post-emulsificables, por lo que podemos decir que se tienen tres sistemas básicos de líquidos penetrantes por cada uno de los tipos.



La diferencia básica entre los sistemas de cada tipo es que en los penetrantes fluorescentes la inspección se realiza con luz ultravioleta.

Ventajas:

- 1.- Es un método relativamente fácil de emplear.
- 2.- Es razonablemente rápido y portátil.
- 3.- Brinda muy buena sensibilidad.
- 4.- El empleo de este método es barato.

Desventajas:

- 1.- Solo es aplicable a defectos superficiales y materiales no porosos.
- 2.- Se requiere de una buena limpieza previa a la inspección.
- 3.- No proporciona un registro permanente del exámen.
- 4.- Los penetrantes son difíciles de remover completamente y éstos pueden ser perjudiciales para ciertos materiales.

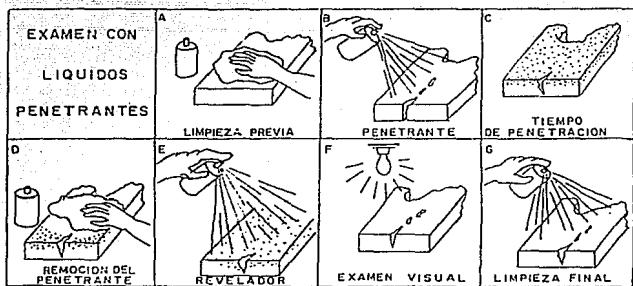


Fig. No. 19.- Pasos a seguir durante la inspección por líquidos penetrantes.

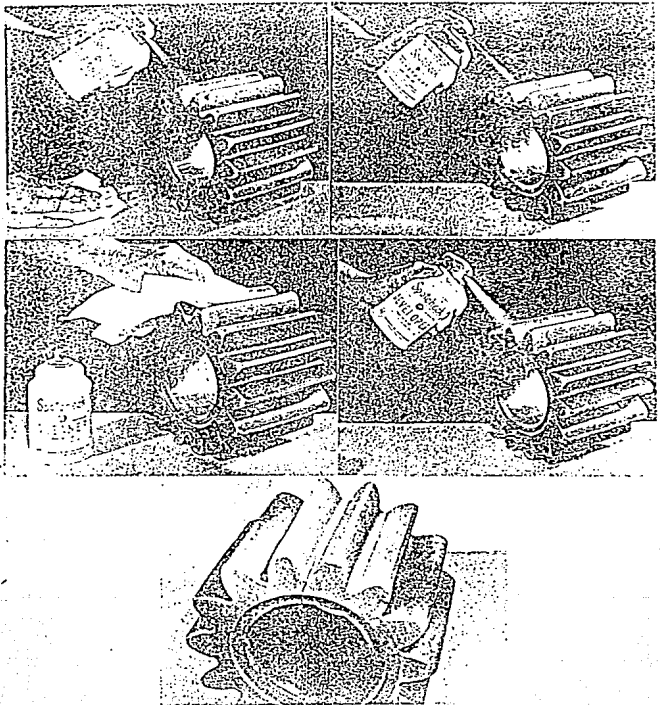


Fig. No. 20.- Otro aspecto del procedimiento de inspección por líquidos penetrantes.

3.4.6.- PRUEBA DE ENSAYOS METALOGRAFICOS (R. M.).

Esta técnica tiene por objeto determinar las características microestructurales del material, mismas que proporcionan la información tales como tipo de acero, proceso de fabricación, tratamiento térmico y sobre todo determinar si existe degradación o alteración en las características microestructurales y consecuentemente en las características mecánicas del material, por efecto del tiempo y condiciones de servicio.

Su principio se basa en extraer mediante un acetato de celulosa las características microestructurales (réplicas metalográficas) de la zona afectada del material del recipiente inspeccionado, mismas que son observadas y analizadas en el laboratorio mediante un microscopio metalográfico.

Las pruebas metalográficas en el laboratorio no son requeridas a menudo en las especificaciones para soldadura, sin embargo, se usan algunas veces para determinar:

- Sanidad de la soldadura.
- Distribución de inclusiones no metálicas en la soldadura.
- Número de pasadas de soldadura.
- Estructura metalúrgica en la soldadura y zona de fusión.

- Extensión y estructura metalúrgica de la zona afectada por el calor.
- Localización y espesor de penetración de la soldadura.

3.4.7.- PRUEBAS DE DUREZA.

Una de las definiciones metalúrgicas mas comúnmente usadas para explicar el término de dureza es la resistencia a la impresión permanente bajo cargas estáticas o dinámicas, es decir, es la resistencia a la deformación por penetración.

La dureza es afectada por la composición del metal de soldadura, efectos metalúrgicos del proceso de soldadura, trabajo en frío del metal y tratamiento térmico del mismo.

Esta técnica sirve para determinar la propiedad de dureza de un material base, soldadura y zona afectada por el calor. Los resultados inicialmente establecen las condiciones del material en esas zonas, además permiten obtener la resistencia mecánica aproximada en PSI.

Debe verificarse que la dureza se encuentre dentro de los límites especificados para el metal base, la zona afectada térmicamente y el metal de soldadura, porque si estas zonas son muy duras, la

ductilidad disminuye y esto favorecer el desarrollo de una grieta o bien un mecanismo de falla.

Los ensayos de dureza tienen amplio campo de aplicación, el grado de calidad de las soldaduras puede verificarse o controlarse mediante estos ensayos.

Se han establecido diversos métodos de prueba de dureza, tales como las pruebas Brinell y Vickers, que usan el área de indentación bajo carga como la medida de la dureza, y la prueba Rockwell, que relaciona la dureza con la profundidad de la indentación bajo carga.

Los resultados se dan en grados que llevan el nombre de la prueba, por ejemplo 170° Brinell, etc.

El penetrador es generalmente una esfera, pirámide o cono, hecho de un material mucho mas duro que el que se ensaya como por ejemplo, acero endurecido, carburo de tungsteno sinterizado o diamante.

La selección de la prueba de dureza depende primeramente de la dureza o resistencia del material, el tamaño de la junta soldada y el tipo de información deseada.

La dureza puede ser correlacionada aproximadamente con la resistencia para ciertos materiales; tal correlación debe ser usada con precaución cuando se aplique a juntas soldadas debido a la composición heterogénea de la junta.

La dureza ha sido relacionada a las propiedades del servicio de soldadura, y en algunos casos, el inspector comprobará que los valores máximos de dureza de la soldadura o la zona afectada térmicamente sean las especificadas. Esto es particularmente importante en las soldaduras expuestas a medios ambientes que transportan hidrógeno, tales como petróleo crudo en tuberías, ya que durezas altas en empalmes o acoples manejando este gas pueden causar fractura.

4. - APLICACIONES PRACTICAS.

**4.1.- RESULTADOS DE LA INSPECCION INICIAL MEDIANTE ENSAYOS NO
DESTRUCTIVOS EFECTUADA AL REACTOR DE LA PLANTA DE
SULFONACION.**

C o n t e n i d o

- 4.1.1 Información general.
- 4.1.2 Documentación aplicable.
- 4.1.3 Equipo utilizado.
- 4.1.4 Técnicas aplicadas.
 - 4.1.4.1 Inspección visual.
 - 4.1.4.2 Inspección ultrasónica de la soldadura.
 - 4.1.4.3 Inspección por líquidos penetrantes.
 - 4.1.4.4 Determinación de espesores de pared por ultrasonido.
- 4.1.5 Análisis de los resultados.
- 4.1.6 Conclusiones.

4.1.1.- INFORMACION GENERAL.

Nombre del equipo:	Reactor 503.
No. de identificación:	NV - 401-1
No. de instalación:	I - 893388-02
No. de construcción:	C - 892520-02
Presión de diseño:	18 PSIG
Presión de operación:	12 PSIG
Temperatura de diseño:	
Cuerpo:	199 °F
Chaqueta:	199 °F
Temperatura de operación:	
Cuerpo:	129 °F
Chaqueta:	109 °F
Fecha de arranque:	Octubre 1989.
Material de construcción:	
Cuerpo:	ASTM A - 240 Tipo 316

4.1.2.- DOCUMENTACION APLICABLE.

La documentación empleada en este servicio es la que se enlista a continuación:

- a) Requisición de compra.
- b) Hoja de datos.
- c) Especificaciones técnicas.
- d) Pedido y alcance de suministro.
- e) Plano de arreglo general. Certificado y aprobado.
- f) Planos de detalle certificados y aprobados.
- g) Certificado de materiales.
- h) Bitácora de construcción.
- i) Normas, Códigos y reglamentos. Mencionados en el cap. 3.
- j) Procedimientos:
 - Procedimiento de inspección por ultrasonido en soldaduras a tope de acuerdo al Código ASME, No. VGS-UT/001.
 - Procedimiento para la determinación de espesores de pared por ultrasonido por el método de pulso eco en diferentes materiales y temperaturas, No. VGS-DEP/UT/001.
 - Procedimiento de inspección por líquidos penetrantes, No. VGS-LP/001.
 - Procedimiento de inspección visual, No. VGS-IV/001.

4.1.3.- EQUIPO UTILIZADO.

El equipo y materiales utilizados en esta inspección se lista a continuación:

- Equipo fotográfico Marca NIKON EM-2.
- Equipo de ultrasonido DM-2, Marca KRAUT - KRAMER.
- Equipo de ultrasonido Marca MAGNAFLUX, Mod. OP 317.
- Transductores angulares de 2.25 Mhz de frecuencia, de titanato de Bario de 20 x 20 mm.
- Pieza patrón VI Tipo I.
- Un kit de calibración de sensibilidad ASME.
- Grasa, crayones negros.
- Flexómetro y herramientas.

4.1.4.- TECNICAS APLICADAS.

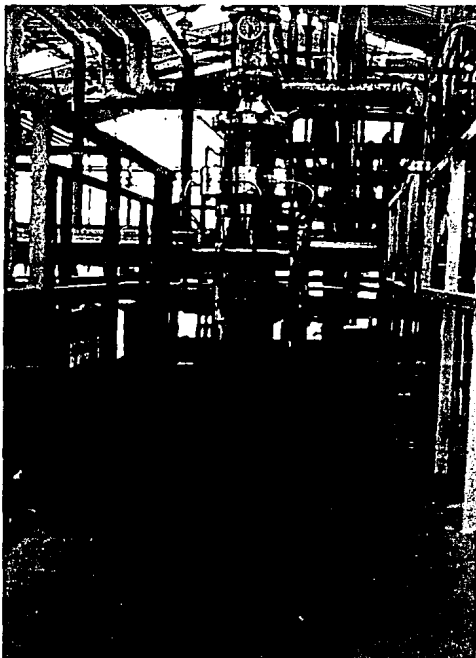
4.1.4.1.- INSPECCION VISUAL.



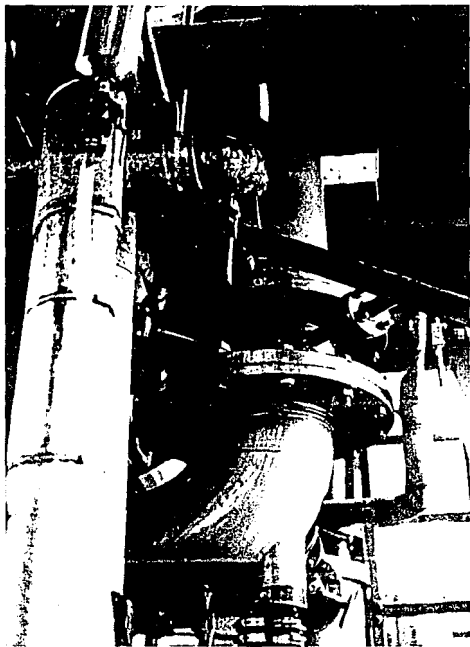
Fotografía No. 1.- Vista general del reactor.

El reactor presenta un recubrimiento uniforme, sin zonas de oxidación. No presenta huellas de daño mecánico ni características de deformaciones plásticas.

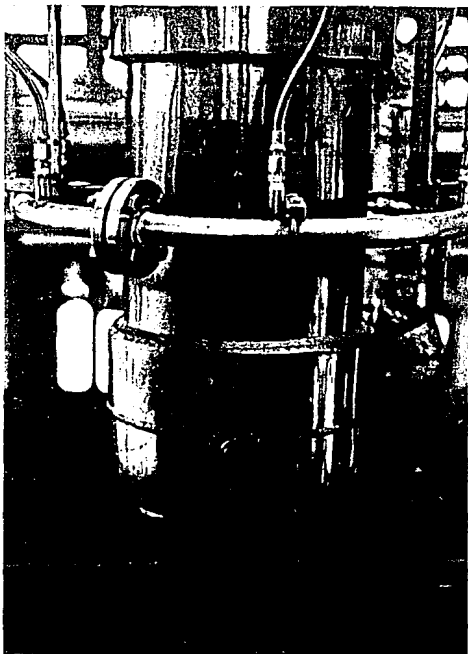
El acabado de las soldaduras es irregular en algunas zonas.



Fotografía No. 2.-Parte superior del reactor.



Fotografía No. 3.- Parte inferior del reactor.



Fotografía No. 4.- Aspecto irregular de los cordones de soldadura.

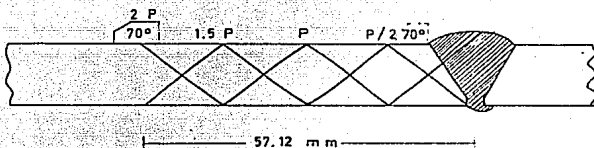
4.1.4.2.- INSPECCION ULTRASONICA DE LA SOLDADURA.

Espesores:

Zona 1 6.8 mm

Zona 2 5.1 mm

Zona 3 4.0 mm



Para zona 1, e = 6.8 mm

$P/2 = 18.62$ mm RRS = 19.81 mm

$P = 37.26$ mm RRS = 39.63 mm

$1.5 P = 55.86$ mm RRS = 59.43 mm

$2 P = 79.73$ mm RRS = 79.26 mm

Para zona 2, e = 5.1 mm

$P/2 = 14.01$ mm RRS = 14.91 mm

$P = 28.02$ mm RRS = 29.82 mm

$1.5 P = 42.03$ mm RRS = 44.73 mm

$2 P = 56.04$ mm RRS = 59.64 mm

Para zona 3, e = 4.0 mm

P/2 = 10.98 mm RRS = 11.68 mm

P = 21.97 mm RRS = 23.37 mm

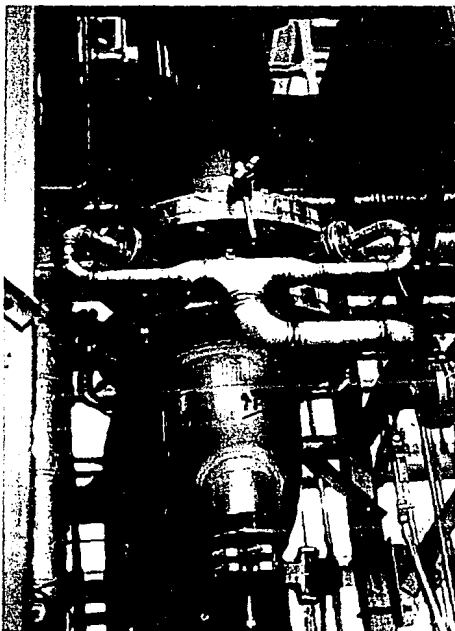
1.5 P = 32.94 mm RRS = 35.04 mm

2 P = 43.92 mm RRS = 46.74 mm

La exploración se realizó desde la orilla de la soldadura hasta 2P, en todos los casos de acuerdo a las dimensiones del transductor empleado y de la soldadura. El campo de ajuste (RRS = 100 mm) es adecuado.

4.1.4.3.- INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES.

Posterior a la limpieza mecánica y manual para poder retirar la pintura , se procedió a efectuar el ensayo. Se determinaron algunos poros y socavados no rechazables por el código ASME.



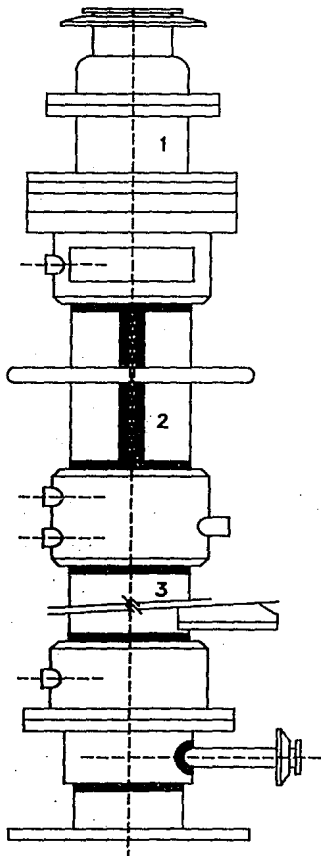
Fotografía No. 5.- Observese los socavados en la soldadura.

4.1.4.4.- DETERMINACION DE ESPESORES DE PARED POR ULTRASONIDO.

Previa limpieza y cuadrículado del reactor en las zonas sin chaqueta, se procedió a la determinación de los espesores de pared, obteniéndose los siguientes resultados.

Espesores de pared en mm.

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
1	6.8	6.8	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
2	5.1	5.1	5.1	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	
	5.1	5.2	5.1	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
	5.1	5.2	5.2	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	
3	5.2	5.1	5.3	5.3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
Curva inferior									
	4.2	4.0	4.0	4.1	4.1	4.1			4.0



- LIQUIDOS PENETRANTES
- ULTRASONIDO

INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES A PRESION DE
ACERO INOXIDABLE
REACTOR SO_3

PAGINA

4.1.5.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

- La inspección visual establece que el reactor presenta buen estado ya que no se observan características de corrosión y oxidación o daño mecánico alguno.
- Las inspecciones visual y ultrasónica establecen que no existen discontinuidades rechazables en la soldadura, unicamente pequeños poros y socavados.
- Los espesores de pared son de diversa magnitud pero mayores al indicado en el plano de fabricación, el cual establece un valor de 3.17 mm.

4.1.6.- CONCLUSIONES.

Los resultados de las pruebas efectuadas al reactor establece que éste no presenta discontinuidades rechazables por el código ASME, tampoco daño mecánico alguno.

No se tiene pérdida del espesor de pared en ninguna zona por efecto de algún proceso corrosivo.

Los espesores de pared son de diversa magnitud pero todos mayores al establecido en el plano de fabricación.

**4.2.- RESULTADOS DE LA INSPECCION EXTRAORDINARIA MEDIANTE ENSAYOS
NO DESTRUCTIVOS EFECTUADOS AL REACTOR DE ETOXILACION.**

C o n t e n i d o

- 4.2.1 Objetivo.

- 4.2.2 Información general.

- 4.2.3 Desarrollo de la inspección.
- 4.2.3.1 Documentacion aplicable.
- 4.2.3.2 Equipo utilizado.

- 4.2.4 Técnicas aplicadas
- 4.2.4.1 Inspección visual.
- 4.2.4.2 Prueba de líquidos penetrantes.
- 4.2.4.3 Determinación de espesores de pared.
- 4.2.4.4 Prueba de dureza.
- 4.2.4.5 Réplicas metalográficas.

- 4.2.5 Análisis de los resultados.

- 4.2.6 Conclusiones.

- 4.2.7 Recomendaciones técnicas.

4.2.1.- OBJETIVO.

Determinar mediante pruebas no destructivas el estado actual del material del reactor con el fin de establecer las recomendaciones técnicas para la reparación del equipo y poder determinar el nivel de operabilidad del mismo, dentro de los lineamientos de seguridad para el personal operativo y de las instalaciones.

4.2.2.- INFORMACION GENERAL.

Nombre del equipo:	Reactor Etoxilador.
No. de identificación:	R - 11
No. de instalación:	I - 891159-02
No. de construcción:	C - 891849-02
Capacidad:	5800 Lts.

	Cuerpo	Chaqueta
Presión de diseño, PSIG	143	85
Presión de operación, PSIG	121	85
Presión de prueba, PSIG	215	128
Temperatura de diseño, °F	392	392
Temperatura de operación, °F	392	392

Materiales de construcción:

Cuerpo: ASTM A - 240 Tipo 304
Tapas: ASTM A - 240 Tipo 304
Serpentín: ASTM A - 240 Tipo 304
Chaqueta: ASTM A - 240 Tipo 304

Fecha de arranque:

Año de 1980.

4.2.3.- DESARROLLO DE LA INSPECCION.

4.2.3.1.- DOCUMENTACION APLICABLE.

La documentación técnica aplicable para el desarrollo de la inspección se describe a continuación:

- a) Hoja de datos.
- b) Plano de arreglo general certificado y aprobado.
- c) Planos de detalle certificados y aprobados.
- d) Bitácora, de construcción, mantenimiento y operación.
- e) Normas y estándares indicados en el cap. 3.
- f) Procedimientos.

- Procedimiento de extracción de réplicas metalográficas.

No. VGS-FRM-1.

- Procedimiento de determinación de espesores de pared mediante ultrasonido. No. VGS-FDE-1.
- Procedimiento de determinación de dureza por el método ROCKWELL. No. VGS-FDDR-1.
- Procedimiento de inspección por pruebas de líquidos penetrantes. No. VGS-FILP-1.

4.2.3.2.- EQUIPO UTILIZADO.

El equipo de ensayos no destructivos empleado en la inspección del reactor fué el siguiente:

- Cámara fotográfica marca Nikon con accesorios.
- Microscopio metalográfico de campo marca Union.
- Equipo de ultrasonido DM-2 marca Kraut-Kramer.
- Equipo de dureza modelo MIC-2 marca Kraut-Kramer.
- Contenedor de líquidos penetrantes.
- Dos equipos de réplicas metalográficas.
- Caja de herramientas.
- Flexómetro, reglas y marcadores.

4.2.4.- TECNICAS APLICADAS.

4.2.4.1.- INSPECCION VISUAL.

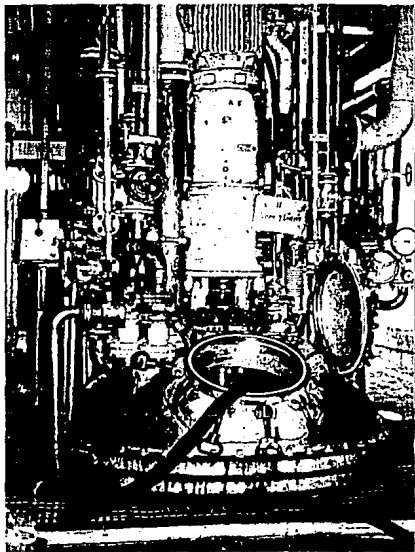
a) Externa.

El Reactor es un recipiente cilíndrico vertical con chaqueta tipo media caña, en el exterior y serpentín en el interior.

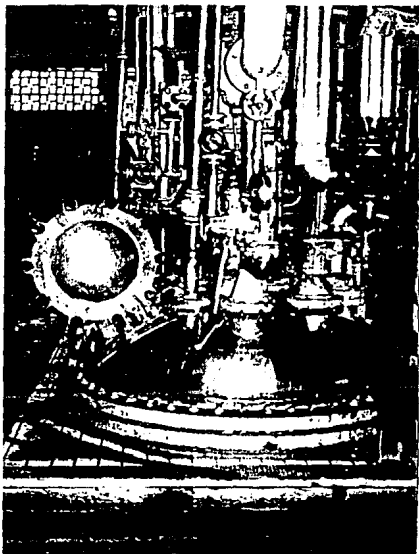
La parte externa del cuerpo presenta escurrimientos de color blanco. También se observan algunas soldaduras irregulares y con mal acabado.

El Reactor presenta depósitos de soldadura localizados, de aspecto irregular los cuales revelan que estos son producto de las reparaciones que se han efectuado en las medias cañas de la chaqueta.

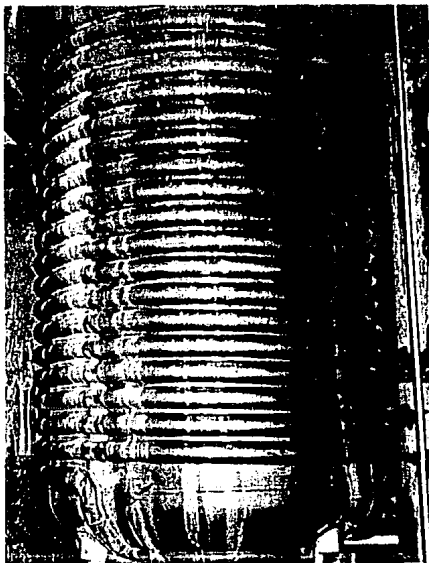
También se determinaron algunas zonas con oxidación tanto en el cuerpo como en la chaqueta. Ver fotografías de la No. 1 a la No.12.



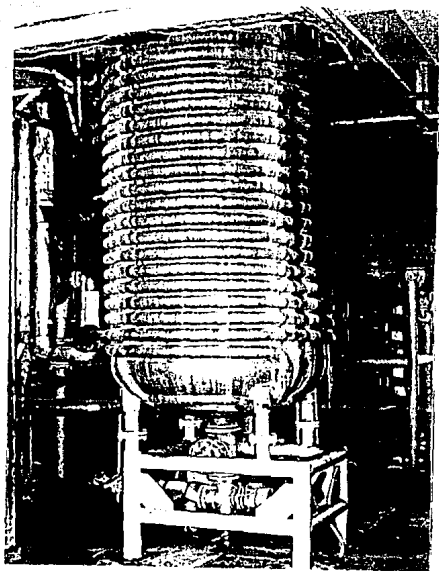
Fotografía No. 1.- Vista superior del reactor. Lado Oeste.



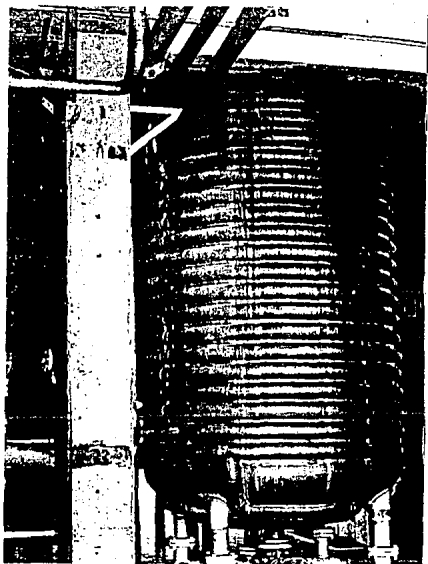
Fotografía No. 2.- Vista superior del reactor. Lado Sur.



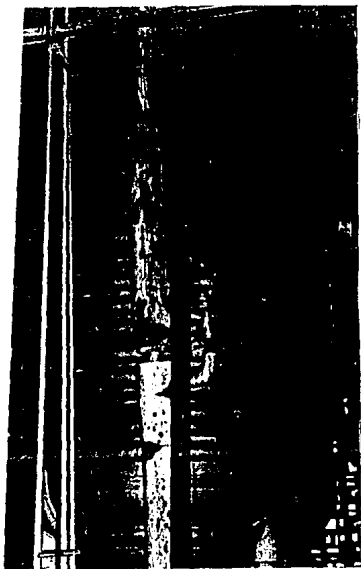
Fotografía No. 3.- Parte inferior del reactor. Lado Oeste.



Fotografía No. 4.- Parte inferior del reactor. Lado Sur.



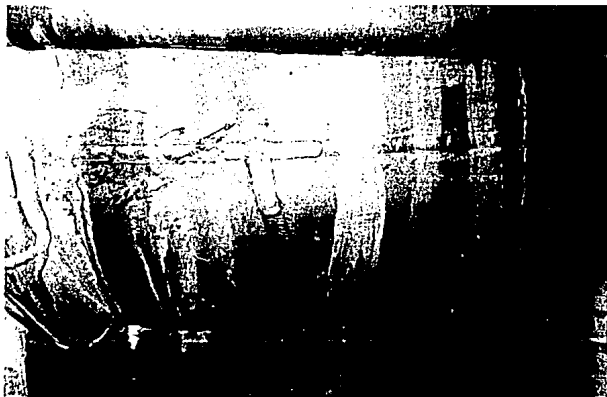
Fotografía No. 5.- Parte inferior del reactor. Lado Este.



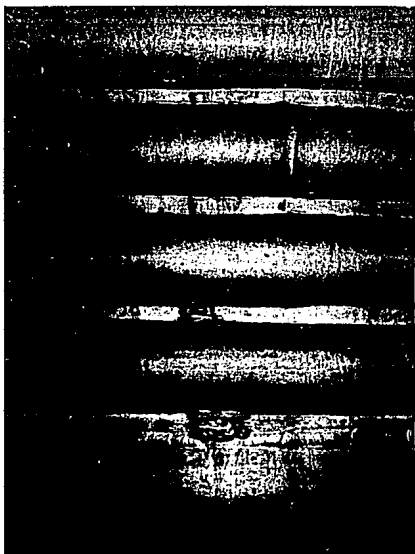
Fotografía No. 6.- Parte inferior del reactor. Lado Norte.



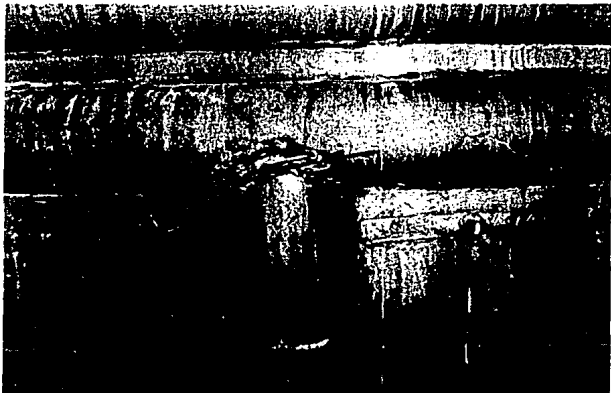
Fotografía No. 7.- Aspecto de las soldaduras de la parte superior del reactor.



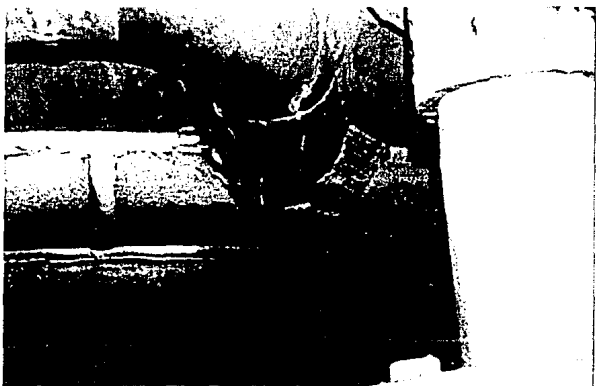
Fotografía No. 8.- Aspecto de las soldaduras de la parte inferior.



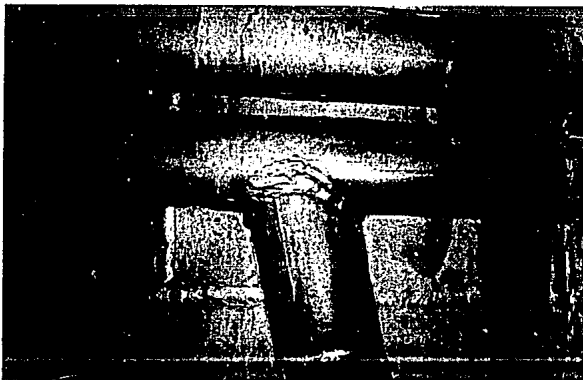
Fotografía No. 9.- Reparaciones con soldaduras en las medias
cañas de la chaqueta.



Fotografía No. 10.- Otra vista de las reparaciones a la soldadura
de la chaqueta.



Fotografía No. 11.- Obsérvese los parches en las medias cañas.



Fotografía No. 12.- Otra vista de los cordones de soldadura reparados.

b) Interna.

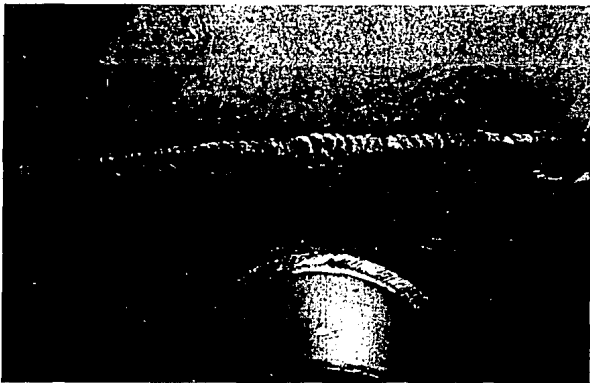
En la parte superior, las soldaduras de la tapa superior y boquillas son irregulares y de mal acabado.

El cople de la flecha del agitador presenta daño mecánico en algunas zonas. Fotografías Nos. 13, 14, 15 y 16.

La parte media del cuerpo presenta tres soldaduras circunferenciales muy cercanas relativamente entre sí. Una de ellas se encuentra maquinada y sobre esta misma zona presenta una cavidad.

El acabado de las soldaduras es también irregular, siendo esto más marcado en las soldaduras de los soportes.

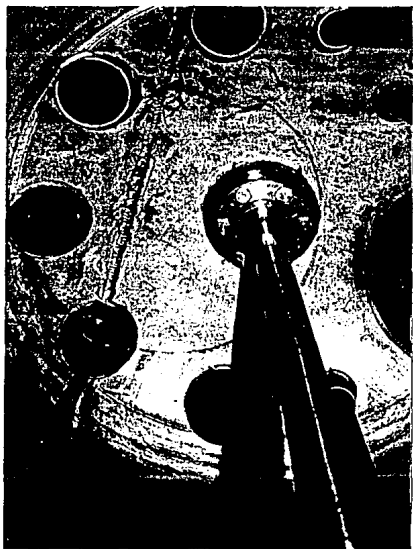
Las tres soldaduras mencionadas sugieren que se cambió o adicionó una sección a la parte superior del reactor. Fotografías de la No. 17 a la No. 21.



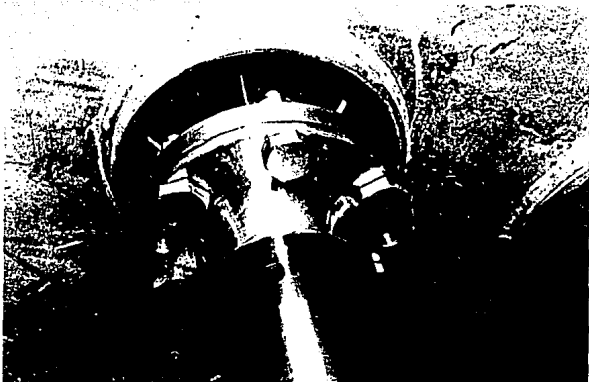
Fotografía No.13.- Aspectos de las soldaduras en la parte superior del reactor.



Fotografía No. 14.- Obsérvese la calidad de la soldadura.

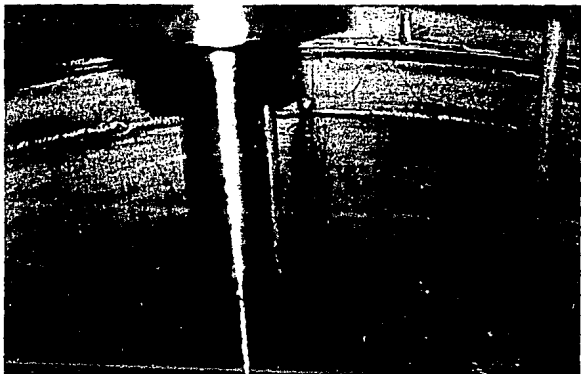


Fotografía No. 15.- Aspecto del interior de la tapa superior del reactor.

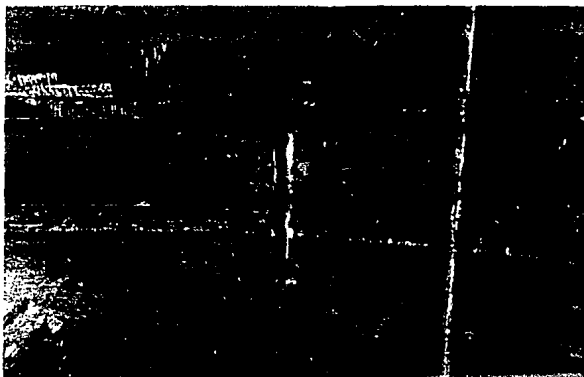


Fotografía No. 16.- Vista del cople de la flecha del agitador.

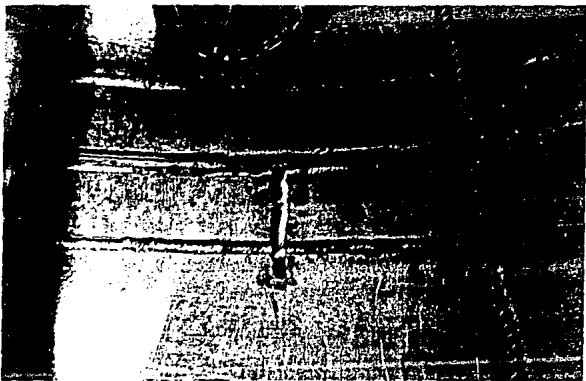
Obsérvese dos barrenos innecesarios.



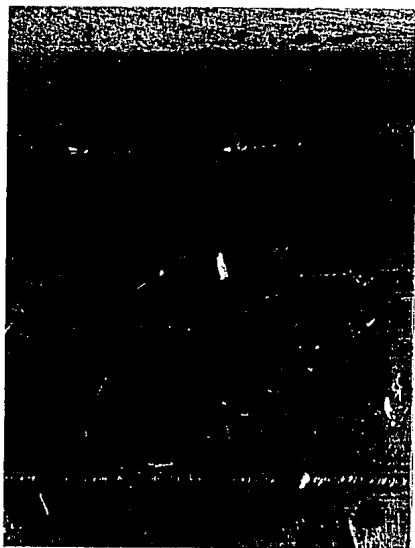
Fotografía No. 17.- Aspecto de las soldaduras circunferenciales
del cuerpo.



Fotografía No. 18.- Acercamiento de las soldaduras y de la zona maquinada.



Fotografía NO. 19.- Vista de la zona de tres soldaduras circunferenciales.



Fotografía No. 20.- Acercamiento de la zona anterior.



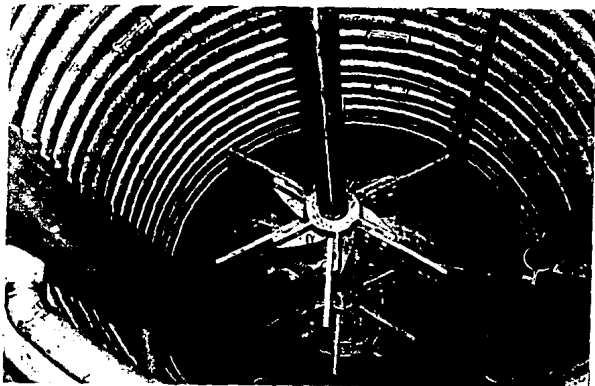
Fotografía No. 21.- Obsérvese el mal acabado e irregular de la soldadura de los soportes.

c) Serpentin.

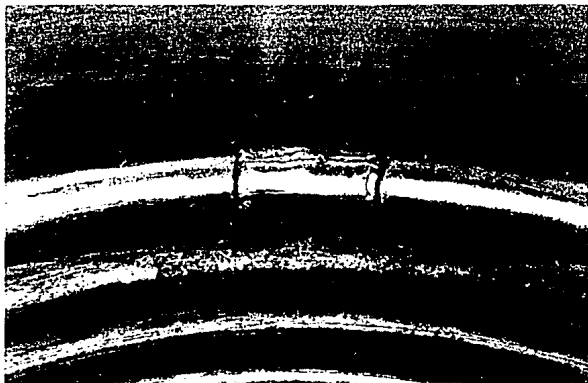
Está fabricado de tubo de acero inoxidable de 2" de diámetro. Presenta en algunas zonas localizadas, pequeños parches que indican claramente que también ha sido ya reparado.

La tubería de alimentación y salida del serpentín presenta soldaduras muy cercanas entre sí de aspecto muy irregular que revela la mala calidad de éstas.

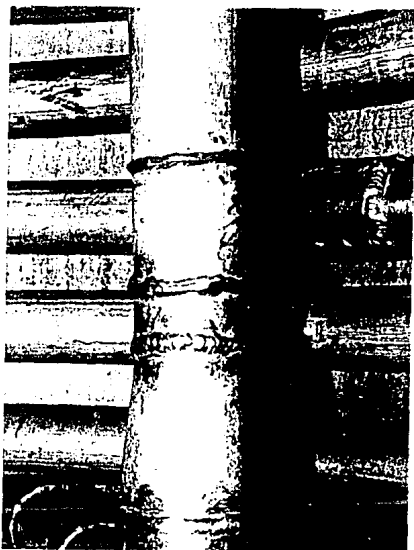
El serpentín también presenta algunas zonas localizadas con oxidación.



Fotografía No. 22.- Vista general del serpentín.



Fotografía No. 23.- Aspecto de los parches que presenta el
serpentin en algunas zonas.



Fotografía No. 24.- Tubería de alimentación al serpentín.

Obsérvese la cercanía de las soldaduras y el mal acabado de las mismas.

d) Parte inferior interna.

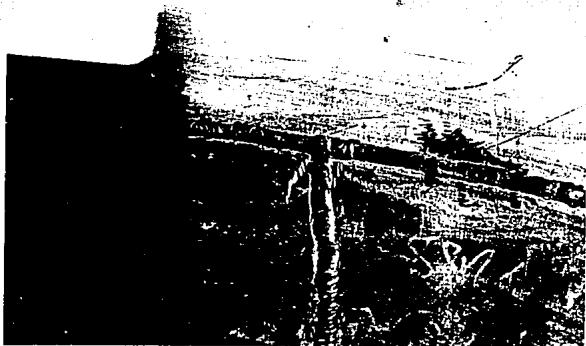
Los cordones de soldadura del fondo y los de la unión cuerpo-fondo presentan aspectos muy irregulares que revelan mala aplicación de la misma.

El fondo presenta una zona marcada mecánicamente que indica que ésta fué excesivamente conformada rolada.

Las placas del fondo presentan pequeñas finas picaduras, así como también algunos puntos de oxidación localizados.



Fotografía No. 25.- Cruce de las soldaduras circunferenciales-verticales de la unión cuerpo-fondo.



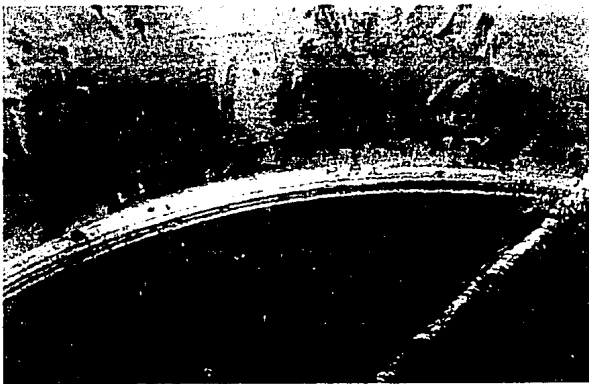
Fotografía No. 26.- Fondo del reactor.



Fotografía No. 27.- Cordones de soldadura irregulares del fondo.



Fotografía No. 28.- Otra vista del cordón de soldadura del fondo.



Fotografía No. 29.- Zona excesivamente conformada. Fondo del reactor.

4.2.4.2.- PRUEBA DE LIQUIDOS PENETRANTES.

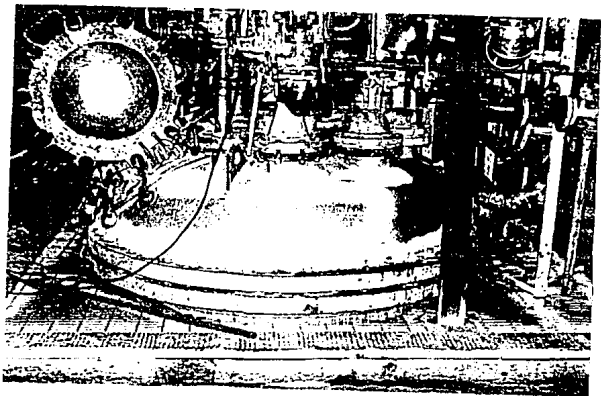
Esta técnica se aplicó a todos los componentes del reactor, tanto por la superficie externa como por la interna, con el objeto de determinar la presencia o ausencia de discontinuidades tanto en el metal base como en la soldadura.

a) Superficie externa.

Las soldaduras de la parte superior presentan algunos pequeños poros pero de manera general, la soldadura es uniforme y sin indicaciones relevantes.

Por lo que se refiere a la parte inferior y específicamente a las soldaduras de la chaqueta que han sido reparadas, se encontró que éstas presentan numerosos poros y socavados que revelan que la calidad es inadecuada.

Otro aspecto que se observó en la soldadura de las medias cañas y zonas adyacentes (zona afectada por el calor) es la presencia de numerosos puntos de oxidación, los cuales no desaparecieron. No obstante que dichas zonas se limpiaron previamente con medios mecánicos y químicos. Ver fotografías Nos. 30, 31, 32, 33, 34 y 35.



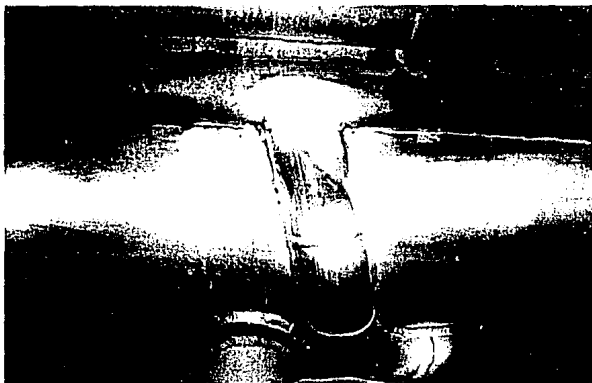
Fotografía No. 30.- Parte superior del reactor.



Fotografia No. 31.- Superficie superior externa.



Fotografía No. 32.- Cordón de soldadura circunferencial cuerpo-fondo.



Fotografía No. 33.- Poros y socavados en la soldadura de la chaqueta.



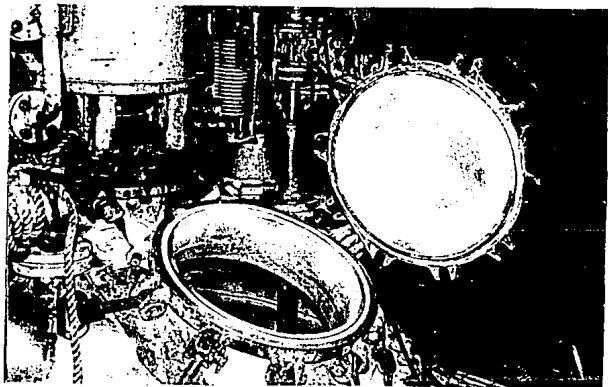
Fotografía No. 34.- Socavados en la soldadura de reparación.



Fotografía No. 35.- Puntos de oxidación en la soldadura.

b) Registro entrada hombre.

La prueba se aplicó tanto a las paredes de la entrada hombre como a la parte interna de la tapa. No observándose ninguna indicación relevante.



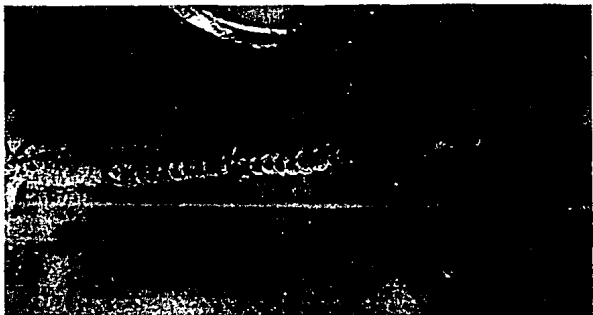
Fotografía No. 36.- Registro hombre.



Fotografía No. 37.- Vista interior del registro hombre.

c) Superficie interna.

c.1.- Tapa. Las soldaduras de esta sección del reactor presentan numerosos poros de dimensiones considerables así como también algunos socavados. Esto confirma que la calidad de las mismas es mala.



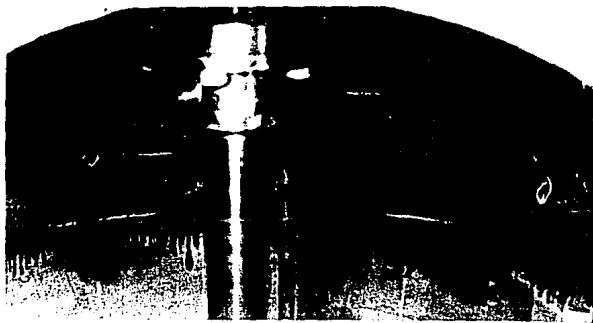
Fotografía No. 38.- Obsérvese la cantidad y magnitud de las porosidades en ambas secciones de la soldadura de la tapa.



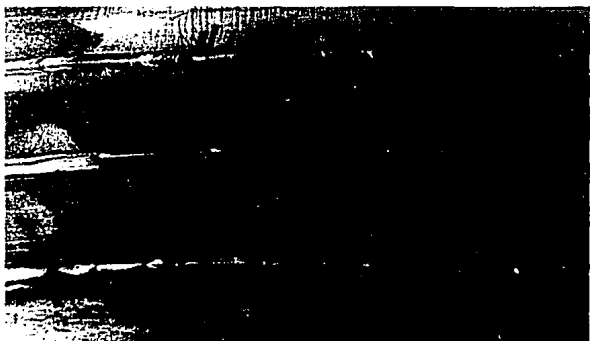
Fotografía No. 39.- Otra vista del mismo cordón de soldadura.

c.2.- Parte media.

La zona correspondiente a las tres soldaduras circunferenciales puso de manifiesto la presencia de finas grietas rectas perpendiculares al cordón de soldadura superior, así como también porosidades aisladas de grandes dimensiones.



Fotografía No. 40.- Aplicación de la prueba de líquidos penetrantes a las soldaduras circunferenciales.



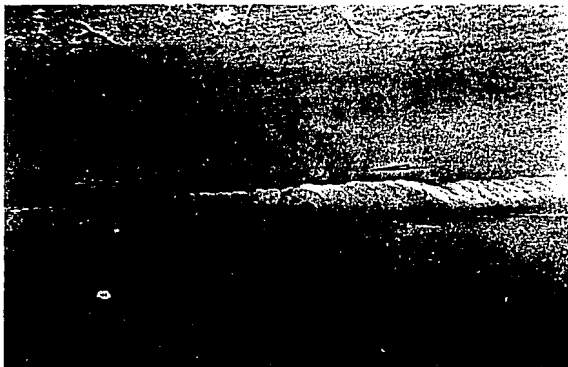
Fotografía No. 41.- Otro aspecto de las mismas soldaduras.



Fotografía No. 42.- Aspecto de dos poros en el cordón de soldadura.



Fotografía No. 43.- Finas grietas paralelas entre sí y perpendiculares al
cordón de soldadura.



Fotografía No. 44.-- Acercamiento de las finas grietas.

c.3.- Serpentin.

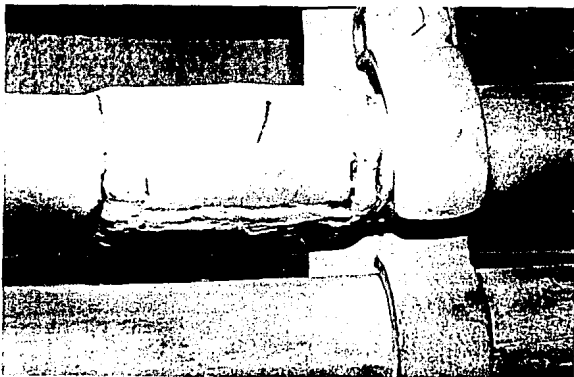
Se inspeccionaron todas las soldaduras del serpentín y de los tubos internos del reactor. Esta prueba puso de manifiesto la presencia de numerosas porosidades de diversas magnitudes.

Es factible que algunas de estas porosidades correspondan a alguna fuga en el mismo serpentín.



Fotografía No. 45.- Aspecto general de las pruebas de líquidos penetrantes a las soldaduras del serpentín y tubos internos.

En las fotografías Nos. 46, 47, 48 y 49, se observa la cantidad de parches y lo mas relevante que se encontró al aplicar la prueba de líquidos penetrantes.



Fotografía No. 46.



Fotografia No. 47.



Fotografia No. 48.



Fotografía No. 49.

c.4. Parte inferior.

Las soldaduras del fondo y de la unión cuerpo-fondo también presentan numerosas porosidades y socavados de diversa magnitud que indican que la calidad de la soldadura es mala. Fotografías No. 50 y 51.



Fotografía No. 50.



Fotografia No. 51.

4.2.4.3.- DETERMINACION DE ESPEORES DE PARED.

En los croquis Nos. 1, 2 y 3 se muestra de manera esquemática la identificación y localización de las zonas inspeccionadas.

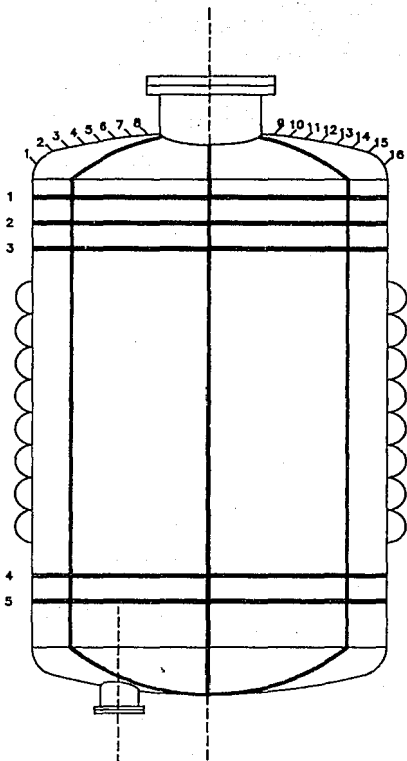
	Espesores de pared (mm).				
	C i r c u n f e r e n c i a l				
	1	2	3	4	5
Vert.					
1	12.96	12.93	12.96	12.93	12.85
2	12.90	12.98	12.91	12.96	12.93
3	12.91	12.93	12.95	12.93	12.98
4	12.98	13.09	12.97	12.93	13.00
5	12.89	12.89	12.90	12.90	12.84
6	12.90	12.91	12.93	12.91	12.85
7	12.87	12.89	13.01	12.90	12.84
8	12.87	12.96	12.97	12.89	12.88
9	12.85	12.87	12.95	12.89	12.86
10	12.91	12.85	12.88	12.96	12.86
11	12.72	12.86	12.96	12.94	12.88
12	12.82	12.88	12.92	12.98	12.90
13	12.78	12.87	12.90	13.00	12.90
14	12.83	12.83	12.97	12.94	12.88
15	12.83	12.84	13.00	12.90	12.90
16	12.82	12.85	13.01	13.07	12.99

Tapa superior.

Punto No.	Espesores de pared (mm).			
	Radio			
	1	2	3	4
1	17.45	-	15.38	-
2	16.36	15.62	15.31	-
3	16.73	15.69	15.66	-
4	16.77	16.15	15.31	-
5	17.21	16.71	15.87	15.23
6	17.24	-	15.48	15.36
7	16.09	15.86	15.36	15.44
8	16.70	15.80	15.35	15.38

Tapa inferior fondo.

Punto No.	Espesores de pared (mm)			
	Radio			
	1	2	3	4
1	17.09	15.49	15.64	15.20
2	17.26	15.82	15.67	15.34
3	17.13	15.76	15.52	15.31
4	17.14	15.57	15.54	15.25
5	17.31	15.13	15.64	15.30
6	17.46	15.68	15.55	15.28
7	-	16.25	15.33	15.24
8	17.60	15.52	15.56	15.17



CROQUIS No. 1

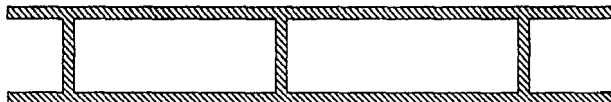
INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES A PRESION DE
ACERO INOXIDABLE
REACTOR DE ETOXILACION

PAGINA

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

LONGITUDINAL

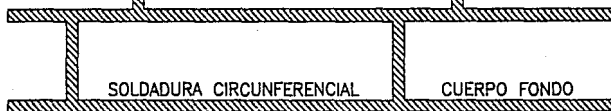
1
2
3



ZONA DEL
SERPENTIN

CIRCUNFERENCIAL

4
5

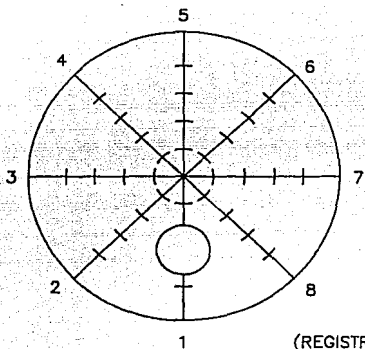


FONDO

ORDEN No. 2

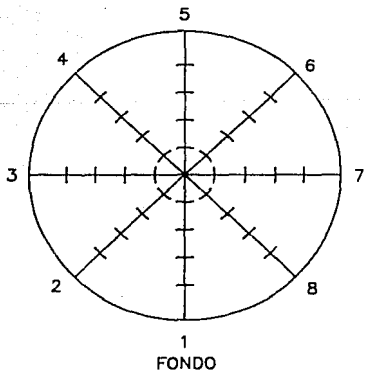
INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES A PRESION DE
ACERO INOXIDABLE
REACTOR DE ETILACION

PAGINA



(REGISTRO DE HOMBRE)

TAPA NORTE
SUPERIOR



CROQUIS No. 3

FONDO

INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES A PRESION DE
ACERO INOXIDABLE
REACTOR DE ETOXILACION

PAGINA

4.2.4.4.- PRUEBA DE DUREZA.

Las zonas inspeccionadas y los resultados obtenidos son los siguientes:

Z O N A	D U R E Z A R O C K W E L L
Tapa superior toriesférica	30 - 35 RC
Pared registro hombre	86 - 92 RB
Tapa entrada hombre	86 - 90 RB

C U E R P O

Placa inferior 1	93 - 20 RC
Placa inferior 2	94 - 22 RC
Placa superior 1	84 - 86 RB
Placa superior 2	82 - 88 RB
Tapa inferior (fondo)	94 - 20 RC
Flecha	85 - 90
Placas de soportes	91 - 93 RC
Aspas agitador	94 - 99 RC

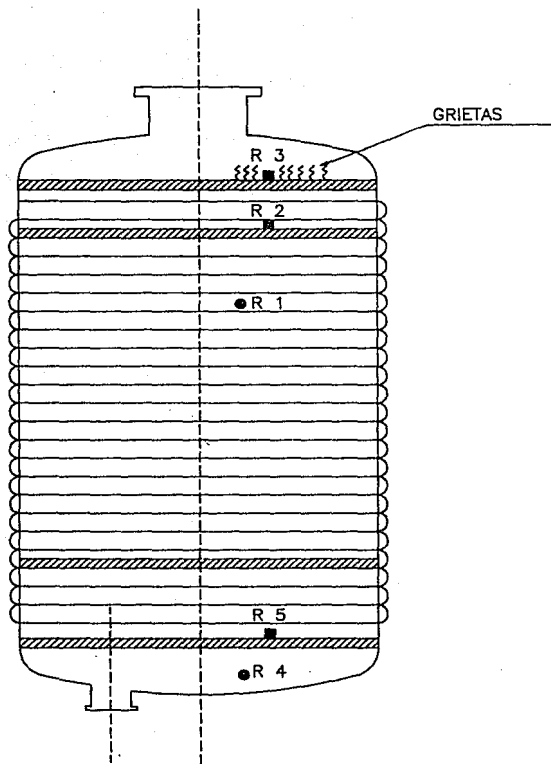
4.2.4.5.- REPLICAS METALOGRAFICAS.

a) Identificación y localización.

REPLICA No.	ZONA
1	Metal base anillo superior (a 100X)
2	Metal base (a 100X)
	Soldadura (a 100X)
3	Grieta en el metal base (a 50X)
	Grieta en el metal base (a 100X)
	Grieta en el metal base (a 200X)
4	Metal base - soldadura (a 100X)
	Metal base (a 100X)
5	Metal base - soldadura (a 100X)
	Metal base (a 100X)

En el croquis No. 4, se indica esquemáticamente la ubicación del lugar donde se extrajeron las réplicas metalográficas.

Las características microestructurales observadas en cada réplica metalográfica son las siguientes:



CROQUIS No. 4

IDENTIFICACION Y LOCALIZACION DE
LAS REPLICAS METALOGRAFICAS

INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES A PRESION DE
ACERO INOXIDABLE
REACTOR DE ETOXILACION

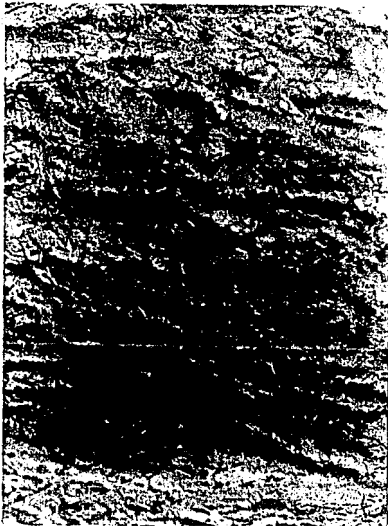
PAGINA

Réplica No. 1.-El metal base presenta corrosión de manera irregular. La microestructura es de tipo austenítica de tamaño de grano heterogéneo y con numerosas inclusiones.

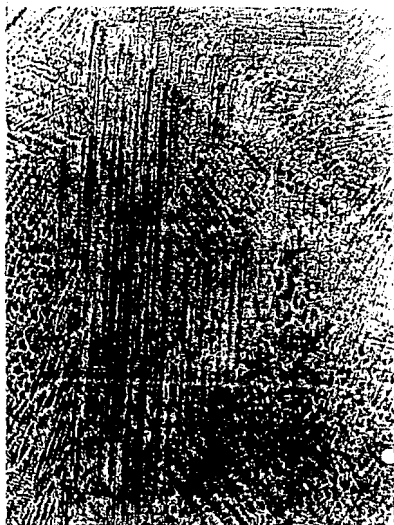


Fotomicrografía No. 1. Metal base.

Réplica No. 2.- El metal base de esta zona es similar al de la réplica No. 1, la soldadura presenta una microestructura dendrítica, característica de esta zona.

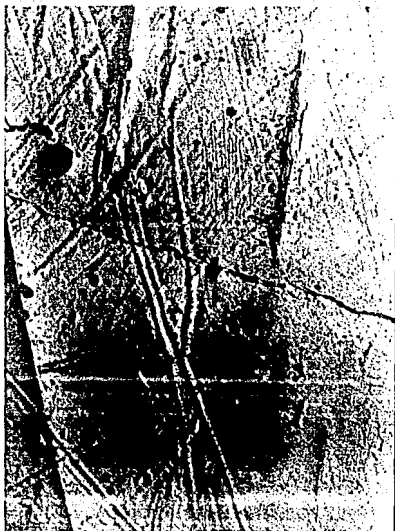


Fotomicrografía No. 2. Metal base.

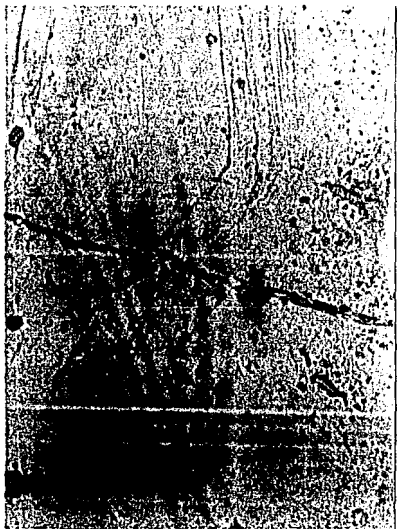


Fotomicrografía No. 3. Soldadura.

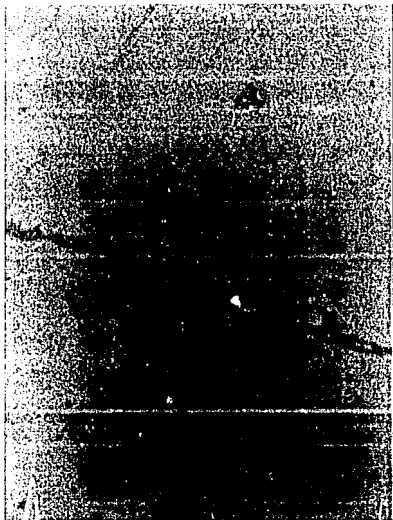
Réplica No. 3.- Las grietas determinadas son de trayectoria transgranular, características del fenómeno de fatiga mecánica.



Fotomicrografía No. 4. Grietas.



Fotomicrografía No. 5. Grietas.



Fotomicrografía No. 6. Grietas.

Réplica No. 4.- Interfase metal base - soldadura. Esta se obtuvo de la superficie externa y presenta finas grietas en la zona afectada por el calor, el metal base presenta una microestructura austenítica bandeada, producto del conformado de la tapa.

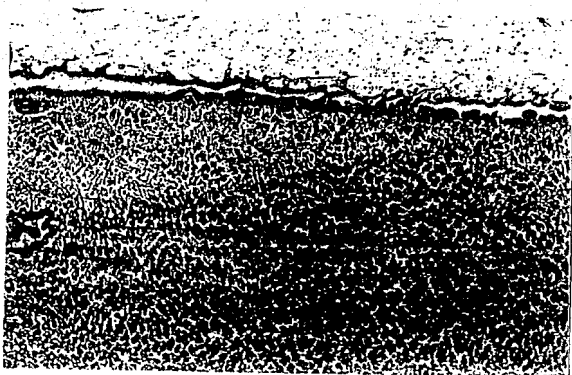


Fotomicrografía No. 7. Interfase metal base-soldadura.

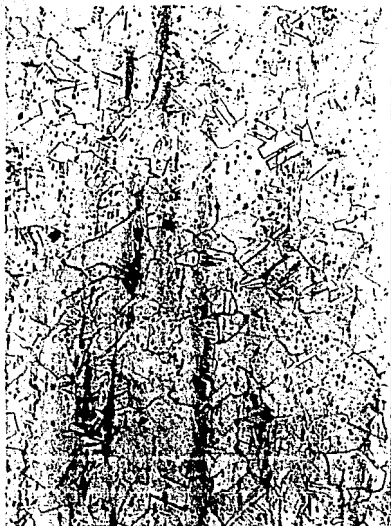


Fotomicrografia No. 8. Metal base.

Réplica No. 5.-También se obtuvo de la superficie externa. En la interfase metal base - soldadura se alcanza a apreciar cierta tendencia a grietas intergranulares. El metal base presenta inclusiones, óxidos y carburos.



Fotomicrografía No. 9.- Interfase metal base-soldadura.



Fotomicrografia No. 10. Metal base.

4.2.5.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

Los resultados de las técnicas no destructivas aplicadas en la inspección del reactor permiten establecer los siguientes aspectos:

- La inspección visual de la superficie externa determinó que el reactor presenta excesivos depósitos de soldadura en zonas localizadas sobre las soldaduras de la chaqueta, su aspecto y acabado es irregular, las características mencionadas anteriormente revelan que éstas han sido aplicadas como reparaciones.

También presenta zonas oxidadas localmente, las cuales a través del tiempo han ocasionado fugas.

- La inspección visual de la superficie interna revela de manera general, que todas las soldaduras de las tapas y cuerpo del reactor presentan acabados irregulares y mal aspecto que indican la mala calidad de éstas.

Un aspecto importante que se observó en la parte superior del cuerpo, es que presenta tres soldaduras circunferenciales relativamente cercanas, una de ellas maquinada y con una cavidad a lo largo de la circunferencia; lo cual revela que fué adicionada una sección en la parte superior.

Otro punto importante que se observó, es que el serpentín presenta numerosos parches los cuales indican que ha sido reparado en varias ocasiones y dado que el aspecto de las soldaduras es bastante irregular.

- La prueba de líquidos penetrantes en la superficie externa puso de manifiesto la presencia de poros y socavados en las soldaduras de reparación, así también la de puntos de oxidación localizados, los cuales a través del tiempo ocasionan fugas.
- La prueba de líquidos penetrantes en la parte media interna del cuerpo reveló que en la soldadura circunferencial superior se detectaron finas grietas paralelas entre sí y perpendiculares al cordón de soldadura circunferencial. Estas grietas son típicas de un mecanismo de fatiga mecánica.

En general, las soldaduras circunferenciales y verticales del cuerpo del reactor son burdas e irregulares, indicando mala calidad, manifestándose ésta en numerosos poros y socavados.

- La prueba efectuada al serpentín, indicó que todas las soldaduras de los parches presentan excesiva porosidad y socavados. Es posible que algunos de estos correspondan a fugas en el mismo serpentín.

- Los espesores de pared determinados son por lo general, uniformes, teniendo valores en la pared del cuerpo desde 12.72 mm, hasta 13.07 mm, como mínimo y máximo respectivamente.

Por lo que se refiere a la tapa superior, los espesores de pared son mayores que los del cuerpo, en este caso se determinaron valores desde 15.23 mm hasta 17.45 mm; lo que indica claramente que la tapa superior bien pudo haberse fabricado de placas de diferente espesor al de diseño.

En el fondo se determinaron espesores desde 15.13 mm hasta 17.60 mm. Al igual que la tapa superior, también pudo haberse fabricado con placas de diferente espesor al de diseño.

- Comparación de los espesores de pared obtenidos en la inspección con respecto a los de diseño, diez años atrás.

	Espesor de Pared, mm.		
	Diseño (1980)	Insp. extraordinaria (1991)	corrosión mm
Cuerpo	12.70	12.72	-
Tapa Superior	15.875	15.23	0.645
Tapa Inferior	15.875	15.13	0.745

- Pruebas de dureza.

Los valores de dureza obtenidos en las placas del cuerpo y tapas del reactor son diferentes. Este aspecto confirma que se emplearon placas de diferente colada en la fabricación del reactor.

La tapa superior presenta valores de dureza del orden de 30 - 35 Rockwell C, los cuales se consideran altos e inadecuados para este tipo de materiales. Es precisamente en esta zona donde se han desarrollado las finas grietas rectas, perpendiculares al cordón de soldadura circunferencial.

Es factible que lo anterior esté contribuyendo, aunado a otros operacionales, a la aparición de las grietas ya que un material al ser más duro tiene menor capacidad de absorber esfuerzos cíclicos o repetitivos.

- Réplicas metalográficas.

Esta técnica no destructiva puso de manifiesto los siguientes aspectos:

Se confirma que las gretas internas del cordón de soldadura circunferencial se deben a un mecanismo de fatiga mecánica, ya que estas son rectas de trayectoria transgranular, paralelas entre sí y perpendiculares al cordón circunferencial de soldadura.

Se detectaron finas grietas microscópicas de trayectoria intergranular en la interfase metal base - soldadura en la soldadura circunferencial cuerpo - fondo. Estas grietas se deben a una mala aplicación de la soldadura.

Esta técnica también permitió establecer que las placas empleadas en la fabricación del reactor son de diferentes características no obstante ser de acero inoxidable austenítico; este aspecto permite considerar que se empleó placa de pedacería para la fabricación del reactor.

Se observó también que dichas placas son de mala calidad, ya que presentan numerosas inclusiones no metálicas y óxidos.

Otro aspecto importante observado mediante esta técnica, es que el material del reactor presenta corrosión que se manifiesta en finas picaduras irregulares.

4.2.6.- CONCLUSIONES.

Los resultados de las diversas técnicas no destructivas desarrolladas en la inspección del reactor permiten establecer lo siguiente:

- a).- El reactor presenta grietas finas de trayectoria recta, paralelas entre sí y perpendiculares al cordón circunferencial superior de soldadura, por la superficie interna. Dadas las características de las mismas, se establece que éstas se deben a un mecanismo de fatiga mecánica; el cual se genera cuando existen esfuerzos cíclicos o repetitivos.

En este caso, la elevada dureza que presenta el material de la parte superior favoreció de alguna manera el desarrollo de este mecanismo.

- b).- Todas las soldaduras de los parches del serpentín, presentan numerosos poros y socavados, es posible que algunos de estos poros estén ocasionando fugas en el mismo.
- c).- La soldadura circunferencial de la parte inferior también presenta finas grietas intergranulares en la interfase metal base -soldadura, éstas se deben a una mala aplicación de la misma.

d).- Las placas que conforman el reactor son de diferente colada no obstante que todas son de acero inoxidable austenítico serie 300 de la especificación AISI.

Lo anterior revela que el reactor fué fabricado con placas de pedacería; mismo que se confirma ya que la dureza también es diferente.

Cabe aclarar también que la calidad de las placas es mala, ya que presentan numerosas inclusiones no metálicas y óxidos.

e).- La calidad de las soldaduras del cuerpo, boquillas y serpentín es mala en general, debido a que estas son burdas e irregulares con numerosos poros y socavados.

f).- De acuerdo a los espesores de pared mínimos obtenidos en la inspección se determinó la presión máxima permisible del recipiente cuyos valores, comparados con los datos de diseño, son indicados en la siguiente tabla.

	Presión máx. permisible, PSI.		
	Interna	Externa	Fondo
Diseño (1980)	175	60	187
Inspección (1991)	175	57	178

Dado todo lo anterior se puede establecer que el nivel de operabilidad del reactor es bueno pero que al transcurrir el tiempo será más factible que se presente alguna contingencia por los múltiples problemas encontrados en las reparaciones efectuadas al mismo por tanto, se recomienda que el equipo sea sustituido a mediano plazo ya que representa un fuerte riesgo tanto para el personal operativo como para las instalaciones mismas.

4.2.7.- RECOMENDACIONES TECNICAS.

De acuerdo a lo antes establecido, todo lo que se realice, será como una solución temporal y parcial, y como ya se indicó arriba, se recomienda su reemplazo a un corto plazo.

Mientras tanto, se sugiere realizar las siguientes actividades:

- 1.- Retirar las grietas de la parte superior del reactor mediante esmerilado y rellenar con soldadura dichas zonas.
- 2.- Cortar los parches del serpentín y volver a colocar y soldar secciones de tubo, para evitar fugas en el mismo.
- 3.- Evaluar mediante líquidos penetrantes el desarrollo de las microgrietas de la soldadura circunferencial inferior, ya que actualmente éstas son a nivel microscópico.

5.- COMENTARIOS.

Como se indicó al inicio de este trabajo, los reactores de acero inoxidable, son la parte fundamental en una planta química o petroquímica, de ahí la importancia de evaluar su estado físico y mecánico mediante inspecciones en servicio, previamente programadas.

Bajo esta condición, la operación, eficiencia, disponibilidad y seguridad de estos recipientes, será de un índice alto y confiable; esto contribuirá en ahorros económicos y preservación de vidas humanas.

Los equipos aquí tratados fueron fabricados en acero inoxidable austenítico, el cual como se menciona en este trabajo, es una aleación base Fe - Cr - Ni, con bajo contenido de Carbono; no son templables, no son magnéticos y su característica principal es la resistencia a la corrosión ante determinados agentes químicos.

Los aceros inoxidables austeníticos son materiales nobles ya que su fabricación (conformado, rolado y soldadura) se torna fácil por sus propiedades mecánicas y químicas; elevada ductilidad y soldabilidad.

No obstante lo anterior, se tienen muchos problemas en reactores ya en servicio, debido a deficiencias generadas en cualquiera de las etapas de diseño, fabricación y calidad de materiales, en el

montaje, durante el proceso de soldadura, operación anormal y la falta de mantenimiento; aunque es importante resaltar que a través del tiempo y dependiendo de las condiciones de servicio, estos recipientes presentan degradación de sus propiedades tanto físicas como mecánicas.

Dada la importancia que representan los reactores para una planta industrial; se debe establecer un sistema de calidad que permita garantizar que todas las actividades realizadas en cada una de las etapas se desarrollen de manera adecuada, de acuerdo a procedimientos previamente establecidos y a normas y códigos aplicables.

La inspección en servicio es un sistema que se realiza mediante ensayos no-destructivos que permiten evaluar la integridad física y mecánica de los componentes de los reactores y en base a esto, establecer su vida útil y consecuentemente el nivel de operabilidad de los mismos.

Los resultados que se obtienen de este sistema se registran estadísticamente, lo cual permite inicialmente que los recipientes trabajen bajo condiciones de seguridad adecuadas y que sirven como base para posteriores inspecciones que permitirán evaluar los cambios físicos y mecánicos que vayan experimentando a través

del tiempo y por las condiciones de servicio, lo cual ayudará a programar posteriormente el reemplazo de cualquiera de ellos.

Es importante hacer resaltar que para efectuar la inspección en servicio de recipientes a presión, se requiere de personal altamente calificado con experiencia en las técnicas no-destructivas ya que la interpretación de los resultados es el punto básico de la inspección; por tal motivo, es difícil que una empresa posea la infraestructura adecuada para poder contar con un grupo de inspección propio de tal forma que cuando se requiere efectuar un estudio metalográfico de algún recipiente, se contrate a alguna compañía externa que puede brindar estos servicios.

En el apéndice A se proporciona una relación de las diversas empresas que se dedican a la inspección de recipientes mediante pruebas no-destructivas:

6.- CONCLUSIONES.

El contenido de los temas expuestos en este trabajo, establecen la importancia y los elementos básicos que se deben aplicar en la inspección en servicio de reactores de acero inoxidable en una planta industrial, química y petroquímica.

Por otro lado, es también importante resaltar los siguientes aspectos que se deben seguir para garantizar la integridad física del personal operativo así como la calidad y seguridad de las instalaciones:

- 1.- Apegarse y cumplir con los códigos de diseño, fabricación e inspección de reactores, con el propósito de evitar deficiencias desde la fase del diseño, selección de los materiales y soldaduras hasta la fabricación.

- 2.- Establecer sistemas de supervisión en la fabricación de los reactores, con el firme propósito de hacer cumplir los códigos, normas y reglamentos aplicables; esto evitará el empleo de materiales y soldadura de calidad y composición química inadecuada, placas de espesor diferente, además de que se podrá evaluar tanto los procedimientos de soldadura como la habilidad de los soldadores, etc..

- 3.- Establecer programas de mantenimiento preventivo y predictivo con el fin de tener los equipos operando bajo condiciones técnicas adecuadas.

- 4.- Establecer controles y registros de las condiciones de operación del equipo en lo referente a: pH, temperatura, tratamiento del agua (cloruros), arranques y puestas en servicio, reparaciones, modificaciones, etc..

- 5.- Establecer programas de inspecciones en servicio de manera periódica para:
 - . Conocer el estado físico y mecánico de estos recipientes.

 - . Evitar paros imprevistos de planta.

 - . Evitar posibles fallas que pudieran ser, en un momento dado, catastróficas y que provocarían cuantiosas pérdidas económicas y sobre todo vidas humanas.

 - . Programar oportunamente el reemplazo de equipos y accesorios.

Finalmente se establece que la inspección en servicio de recipientes, es una parte del sistema de aseguramiento de calidad en Plantas Industriales que se debe aplicar en México, mismo que se verá traducido en la óptima operación de los equipos evitando con esto cualquier contingencia que pueda provocar, como ya se ha repetido, pérdidas humanas y materiales.

7.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Charles L. Mantell.
Engineering Materials Handbook.
Mc. Graw Hill, 4a. Ed.

- 2.- Ing. Emilio Melih Guerra.
Curso Recepción de Plantas.
México, Agosto 1980.

- 3.- Ing. Ricardo Flores Cortés e
Ing. Humberto Bañuelos C.
Curso Tecnología de Materiales.
Fac. de Química, febrero - Marzo 1990.

- 4.- Ing. Guillermo Camacho Uriarte.
Curso Ingeniería de Inspección en Plantas de
Proceso.
Fac. de Química, Mayo 1990.

- 5.- Instituto Mexicano del Petróleo.
Metalurgia Aplicada.
Publicación No. 77HF/227 - B.
México, 1977.

- 6.- Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.
El Inspector de soldadura y sus responsabilidades.
Manual.
México, Mayo 1986.
- 7.- James D. Redmond and Kurt H. Miska.
The basics of stainless steels.
Chemical Engineering, page 79-93.
Octubre, 1982.
- 8.- L. T. Detlor.
Recent developments in the ASME Pressure Vessel
Code.
Hydrocarbon Processing, Dec. 1975, pp.53 - 59.

A P E N D I C E A

**Relación de algunas compañías dedicadas a la inspección de
recipientes.**

- a).- FLOBAN Ingeniería, S.A. de C.V.
Piura No. 706, Col. Lindavista
07300 México, D. F.
Tel. 754 89 22
- b).- Laboratorio de Microanálisis.
Torres Adalid No. 205 - 504.
Tel. 543.20.21
- c).- Centro de Control Total de Calidades, S.A.
Puebla No. 282, Col. Roma.
Tel. 207.66.17, 525.40.10, 525.14.02
- d).- Laboratorio Nacional de la Construcción, S.A.
Calle 23 No. 22-A, Col. Sn Pedro de los Pinos.
Tel. 598.86.55, 598.89.46
- e).- Comercial Importadora Gráfica, S.A. de C.V.
Calle Nueva No. 144-B.
Tel. 360.50.85, 360.60.61
- f).- Compañía de Inspección Mexicana, S.A.
Ejército Nacional No. 80.
Tel. 531.18.65, 531.20.30, 531.36.32

- g).- Peritos en Radiografía y Soldadura, S.A.
Tel. 581.98.83, 581.98.73, 670.77.45
- h).- Inspección, S.A. de C.V.
Lauro Aguirre No. 21, Col. Agricultura
Tel. 341.07.03, 341.10.27, 341.07.89
- i).- Control de Calidad, S.A. de C.V.
Tel. 541.45.21, 547.40.72, 547.49.14
- j).- Gamma, Servicios Radiograficos de México, S.A.
Tel. 383.12.48
- k).- Ingeniería Radiográfica Asociada, S.A.
Tel. 764.14.64
- l).- Naumex, S.A. de C.V.
Tel. 576.19.44, 359.52.70, 359.55.13
- m).- Pruebas en Construcciones, S.A. de C.V.
Tel. 352.85.58, 352.85.39
- n).- Mexicana de Radiografías S.A. de C.V.
Tel. 383.03.43, 352.87.47, 383.05.45

o).- ISISA. Pruebas no-Destructivas.

Tel. 286.55.10

p).- Calidad y Técnica Industrial, S.A. de C.V.

Galeana No. 132, Col. Industrial la Loma.

Tel. 565.63.06, 565.64.85

A P E N D I C E B

Guía del Código ASME Sec. VIII, Div.1.

A P E N D I C E C

Relación de algunas Normas Británicas referentes a los recipientes sujetos a presión.

- 1.- BSI BS 5276: Part 2-83 1983 AMD Pressure vessel details (dimensions) Part. 2: Saddle supports for horizontal cylindrical pressure vessels.
- 2.- BSI BS 5276: Part 4-77 1977 AMD Pressure vessel details (dimensions) Part. 4: Standardized pressure vessels.
- 3.- BSI BS 5430: Part 2-90 1990 AMD Periodic inspection, testing and maintenance of transportable gas containers (excluding dissolved acetylene containers) Part. 2: Welded steel containers of water capacity 0.5L up to 150L.
- 4.- BSI BS 5500-91 1991 AMD Unfired fusion welded pressure vessels.
- 5.- BSI BS 5500-01 1991 AMD Unfired fusion welded pressure vessels(AMD 6792) November 29, 1991.
- 6.- BSI BS 5500: ENQ Case 15-79. Vessels under external pressure. Permissible design stresses.
- 7.- BSI BS 5500: ENQ Case 18-79. Design stresses for ASTM a 1088 tubes.

- 8.- BSI BS 5500: ENQ Case 19-79. Maximum stress at a cylinder/
nozzle junction due to application of internal pressure.
- 9.- BSI BS 5500: ENQ Case 20-79. Pressure vessels designed for
low pressure but having excess in built thickness.
- 10.- BSI BS 5500: ENQ Case 24-80. Compensation for openings
in vessels subject to external pressure.
- 11.- BSI BS 5500: ENQ Case 33-81. Verification of shape of
vessels subject to external pressure.
- 12.- BSI BS 5500: ENQ Case 38-82. The use of austenitic stainless
steel tube to ASTM 312.
- 13.- BSI BS 5500: ENQ Case 80-88. Ultrasonic examination techniques.
- 14.- BSI BS 5500: ENQ Case 91-91. Use of ASTM Materials for the
construction of pressure vessels in accordance with BS 5500.
- 15.- BSI BS 5500: ENQ Case 92-91. Ultrasonic acceptance criteria.

- 16.- BSI BS 7005-88: 1988 AMD Desing and manufacture of carbon steel unfired pressure vessels for use in vapour compression refrigeration systems.
- 17.- BSI BS EN 286 Part 1-91. 1991 AMD Simple unfired pressure vessels designed to contain Air or Nitrogen part 1: Desing, manufacture and testing.
- 18.- BSI BS EN 10207-92. 1992 AMD Steels for simple pressure vessels technical delivery requirements for plates, strips and bars.
- 19.- BSI PD 6437-69. 1988 AMD Review of desing methods given on present standars and codes and design proposals for nozzles and openings on pressure vessels.
- 20.- BSI PD 6438-69 1988 AMD Review of present methods for desing of flanges for pressure vessels.
- 21.- BSI PD 6550: Part 1-89, 2-89, 3-89, 4-89. 1989 AMD Specifi cation for unfired fusion welded pressure vessels.
- 22.- BSI DO ENV 22605-1-92, 2-92, 3-92, 1992 AMD Steel products for pressure purposes.

A P E N D I C E D

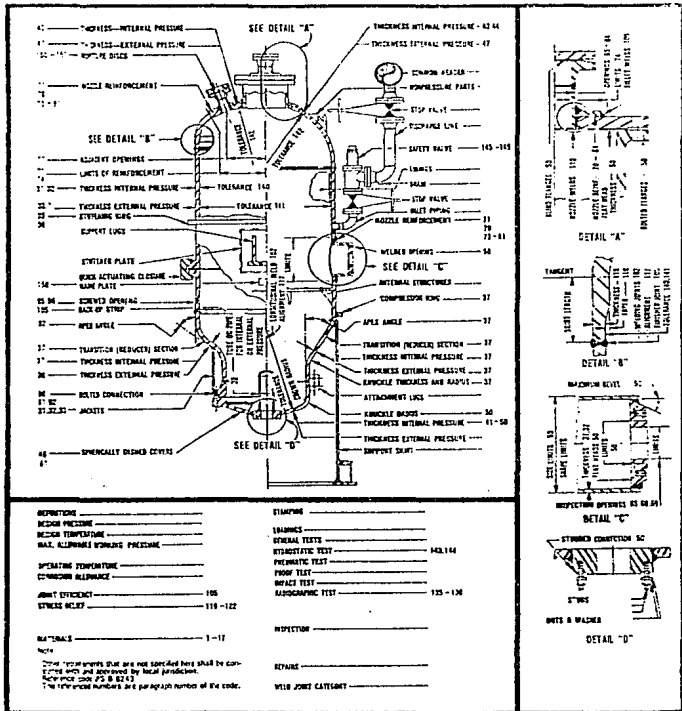
**Relación de algunas Normas Japonesas referentes a los recipientes
sujetos a presión.**

Guías de Códigos Japoneses para Recipientes a Presión.

- 1.- JIS B 0190-86 Glossary of terms used on construction of pressure vessels.
- 2.- JIS B 8243-81 Construction of pressure vessels.
- 3.- JIS B 8248-78 Construction of layered pressure vessels.
- 4.- JIS B 8250-83 Alternative standar for construction of pressure vessels.
- 5.- JIS B 3214-88 Stainless steel forgins for pressure vessels.

Guide to Japanese Pressure Vessel Code

M. Koike, Nippon Kokan K.K., Tokyo



The Pressure Vessel Code (Dai Inbu Ameyaku Yonki Kourou Kikaku) by The Ministry of Labor is published by The Japan Engineering Association, 5-33-4 Shinjuku, Matsuyama, Tokyo, Japan

A P E N D I C E E

Guía del Código Alemán para Recipientes a Presión.

A P E N D I C E F

Guía del Código Sueco para Recipientes a Presión.

Guide to Swedish Pressure Vessel Code

I. Berglund, Tryckkarlskommissionen, The Swedish Pressure Vessel Commission, Stockholm

DETAIL "A"

DETAIL "B"

DETAIL "C"

<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>10.1 - 10.2 THICKNESS - INTERNAL PRESSURE</td><td>2</td></tr> <tr><td>11.1 THICKNESS - EXTERNAL PRESSURE</td><td>3.1, 36.1, 61.3.1, 35.3</td></tr> <tr><td>SEE NOTE - RUFFLED DISC</td><td>36.3.1</td></tr> <tr><td>12.1.1 HOLES - REINFORCEMENT</td><td>3.2.1, 3.2.2, 36.3</td></tr> <tr><td>15.1</td><td>3.2, 35.3</td></tr> <tr><td>16.1 - 16.3</td><td></td></tr> <tr><td>17.1, 17.2</td><td></td></tr> <tr><td>18.1, 18.2, 18.3</td><td></td></tr> <tr><td>19.1, 19.2</td><td></td></tr> <tr><td>20.1, 20.2, 20.3</td><td></td></tr> <tr><td>21.1</td><td></td></tr> <tr><td>22.1, 22.2</td><td></td></tr> <tr><td>23.1, 23.2</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>25.1, 25.2</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>27.1, 27.2</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29.1, 29.2</td><td></td></tr> <tr><td>30.1, 30.2</td><td></td></tr> <tr><td>31.1, 31.2</td><td></td></tr> <tr><td>32.1, 32.2</td><td></td></tr> <tr><td>33</td><td></td></tr> <tr><td>34</td><td></td></tr> <tr><td>35.1, 35.2</td><td></td></tr> <tr><td>36.1, 36.2</td><td></td></tr> <tr><td>37.1, 37.2</td><td></td></tr> <tr><td>38</td><td></td></tr> <tr><td>39.1, 39.2</td><td></td></tr> <tr><td>40.1, 40.2</td><td></td></tr> <tr><td>41.1, 41.2</td><td></td></tr> <tr><td>42</td><td></td></tr> <tr><td>43.1, 43.2</td><td></td></tr> <tr><td>44</td><td></td></tr> <tr><td>45.1, 45.2</td><td></td></tr> <tr><td>46</td><td></td></tr> <tr><td>47.1, 47.2</td><td></td></tr> <tr><td>48</td><td></td></tr> <tr><td>49.1, 49.2</td><td></td></tr> <tr><td>50.1, 50.2</td><td></td></tr> <tr><td>51.1, 51.2</td><td></td></tr> <tr><td>52.1, 52.2</td><td></td></tr> <tr><td>53.1, 53.2</td><td></td></tr> <tr><td>54</td><td></td></tr> <tr><td>55.1, 55.2</td><td></td></tr> <tr><td>56.1, 56.2</td><td></td></tr> <tr><td>57.1, 57.2</td><td></td></tr> <tr><td>58.1, 58.2</td><td></td></tr> <tr><td>59.1, 59.2</td><td></td></tr> <tr><td>60.1, 60.2</td><td></td></tr> <tr><td>61.1, 61.2</td><td></td></tr> <tr><td>62.1, 62.2</td><td></td></tr> <tr><td>63.1, 63.2</td><td></td></tr> <tr><td>64</td><td></td></tr> <tr><td>65.1, 65.2</td><td></td></tr> <tr><td>66.1, 66.2</td><td></td></tr> <tr><td>67.1, 67.2</td><td></td></tr> <tr><td>68.1, 68.2</td><td></td></tr> <tr><td>69.1, 69.2</td><td></td></tr> <tr><td>70.1, 70.2</td><td></td></tr> <tr><td>71.1, 71.2</td><td></td></tr> <tr><td>72.1, 72.2</td><td></td></tr> <tr><td>73.1, 73.2</td><td></td></tr> <tr><td>74</td><td></td></tr> <tr><td>75.1, 75.2</td><td></td></tr> <tr><td>76.1, 76.2</td><td></td></tr> <tr><td>77.1, 77.2</td><td></td></tr> <tr><td>78.1, 78.2</td><td></td></tr> <tr><td>79.1, 79.2</td><td></td></tr> <tr><td>80.1, 80.2</td><td></td></tr> <tr><td>81.1, 81.2</td><td></td></tr> <tr><td>82.1, 82.2</td><td></td></tr> <tr><td>83.1, 83.2</td><td></td></tr> <tr><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>85.1, 85.2</td><td></td></tr> <tr><td>86.1, 86.2</td><td></td></tr> <tr><td>87.1, 87.2</td><td></td></tr> <tr><td>88.1, 88.2</td><td></td></tr> <tr><td>89.1, 89.2</td><td></td></tr> <tr><td>90.1, 90.2</td><td></td></tr> <tr><td>91.1, 91.2</td><td></td></tr> <tr><td>92.1, 92.2</td><td></td></tr> <tr><td>93.1, 93.2</td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td></tr> <tr><td>95.1, 95.2</td><td></td></tr> <tr><td>96.1, 96.2</td><td></td></tr> <tr><td>97.1, 97.2</td><td></td></tr> <tr><td>98.1, 98.2</td><td></td></tr> <tr><td>99.1, 99.2</td><td></td></tr> <tr><td>100.1, 100.2</td><td></td></tr> </table>	10.1 - 10.2 THICKNESS - INTERNAL PRESSURE	2	11.1 THICKNESS - EXTERNAL PRESSURE	3.1, 36.1, 61.3.1, 35.3	SEE NOTE - RUFFLED DISC	36.3.1	12.1.1 HOLES - REINFORCEMENT	3.2.1, 3.2.2, 36.3	15.1	3.2, 35.3	16.1 - 16.3		17.1, 17.2		18.1, 18.2, 18.3		19.1, 19.2		20.1, 20.2, 20.3		21.1		22.1, 22.2		23.1, 23.2		24		25.1, 25.2		26		27.1, 27.2		28		29.1, 29.2		30.1, 30.2		31.1, 31.2		32.1, 32.2		33		34		35.1, 35.2		36.1, 36.2		37.1, 37.2		38		39.1, 39.2		40.1, 40.2		41.1, 41.2		42		43.1, 43.2		44		45.1, 45.2		46		47.1, 47.2		48		49.1, 49.2		50.1, 50.2		51.1, 51.2		52.1, 52.2		53.1, 53.2		54		55.1, 55.2		56.1, 56.2		57.1, 57.2		58.1, 58.2		59.1, 59.2		60.1, 60.2		61.1, 61.2		62.1, 62.2		63.1, 63.2		64		65.1, 65.2		66.1, 66.2		67.1, 67.2		68.1, 68.2		69.1, 69.2		70.1, 70.2		71.1, 71.2		72.1, 72.2		73.1, 73.2		74		75.1, 75.2		76.1, 76.2		77.1, 77.2		78.1, 78.2		79.1, 79.2		80.1, 80.2		81.1, 81.2		82.1, 82.2		83.1, 83.2		84		85.1, 85.2		86.1, 86.2		87.1, 87.2		88.1, 88.2		89.1, 89.2		90.1, 90.2		91.1, 91.2		92.1, 92.2		93.1, 93.2		94		95.1, 95.2		96.1, 96.2		97.1, 97.2		98.1, 98.2		99.1, 99.2		100.1, 100.2		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>STAMPING</td><td>SEE NOTE BELOW</td></tr> <tr><td>LOADING</td><td>3.4, 61.3.2.3, 35.6, 36.34.1.1</td></tr> <tr><td>GENERAL TESTS</td><td></td></tr> <tr><td>HYDRAULIC TEST</td><td>2.6, 36.6, 32, 35.11, 36.2</td></tr> <tr><td>PNEUMATIC TEST</td><td>36.6</td></tr> <tr><td>PROOF TEST</td><td></td></tr> <tr><td>IMPACT TEST</td><td>4.1.7, 4.16.1.2 4.16.2, 4.16.1.1 4.16.7, 4.16.7.2, 4.16.13 36, 36.1, 36.2</td></tr> <tr><td>RAMMOGRAPHIC TEST</td><td>3.4 (APPENDIX I & II)</td></tr> <tr><td>INSPECTION</td><td>2.6, 36.6, SEE NOTE BELOW</td></tr> <tr><td>SCHE</td><td>1, 36.4</td></tr> <tr><td>REPAIRS</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>FASTEN</td><td>32</td></tr> </table>	STAMPING	SEE NOTE BELOW	LOADING	3.4, 61.3.2.3, 35.6, 36.34.1.1	GENERAL TESTS		HYDRAULIC TEST	2.6, 36.6, 32, 35.11, 36.2	PNEUMATIC TEST	36.6	PROOF TEST		IMPACT TEST	4.1.7, 4.16.1.2 4.16.2, 4.16.1.1 4.16.7, 4.16.7.2, 4.16.13 36, 36.1, 36.2	RAMMOGRAPHIC TEST	3.4 (APPENDIX I & II)	INSPECTION	2.6, 36.6, SEE NOTE BELOW	SCHE	1, 36.4	REPAIRS	3.8	FASTEN	32
10.1 - 10.2 THICKNESS - INTERNAL PRESSURE	2																																																																																																																																																																																																												
11.1 THICKNESS - EXTERNAL PRESSURE	3.1, 36.1, 61.3.1, 35.3																																																																																																																																																																																																												
SEE NOTE - RUFFLED DISC	36.3.1																																																																																																																																																																																																												
12.1.1 HOLES - REINFORCEMENT	3.2.1, 3.2.2, 36.3																																																																																																																																																																																																												
15.1	3.2, 35.3																																																																																																																																																																																																												
16.1 - 16.3																																																																																																																																																																																																													
17.1, 17.2																																																																																																																																																																																																													
18.1, 18.2, 18.3																																																																																																																																																																																																													
19.1, 19.2																																																																																																																																																																																																													
20.1, 20.2, 20.3																																																																																																																																																																																																													
21.1																																																																																																																																																																																																													
22.1, 22.2																																																																																																																																																																																																													
23.1, 23.2																																																																																																																																																																																																													
24																																																																																																																																																																																																													
25.1, 25.2																																																																																																																																																																																																													
26																																																																																																																																																																																																													
27.1, 27.2																																																																																																																																																																																																													
28																																																																																																																																																																																																													
29.1, 29.2																																																																																																																																																																																																													
30.1, 30.2																																																																																																																																																																																																													
31.1, 31.2																																																																																																																																																																																																													
32.1, 32.2																																																																																																																																																																																																													
33																																																																																																																																																																																																													
34																																																																																																																																																																																																													
35.1, 35.2																																																																																																																																																																																																													
36.1, 36.2																																																																																																																																																																																																													
37.1, 37.2																																																																																																																																																																																																													
38																																																																																																																																																																																																													
39.1, 39.2																																																																																																																																																																																																													
40.1, 40.2																																																																																																																																																																																																													
41.1, 41.2																																																																																																																																																																																																													
42																																																																																																																																																																																																													
43.1, 43.2																																																																																																																																																																																																													
44																																																																																																																																																																																																													
45.1, 45.2																																																																																																																																																																																																													
46																																																																																																																																																																																																													
47.1, 47.2																																																																																																																																																																																																													
48																																																																																																																																																																																																													
49.1, 49.2																																																																																																																																																																																																													
50.1, 50.2																																																																																																																																																																																																													
51.1, 51.2																																																																																																																																																																																																													
52.1, 52.2																																																																																																																																																																																																													
53.1, 53.2																																																																																																																																																																																																													
54																																																																																																																																																																																																													
55.1, 55.2																																																																																																																																																																																																													
56.1, 56.2																																																																																																																																																																																																													
57.1, 57.2																																																																																																																																																																																																													
58.1, 58.2																																																																																																																																																																																																													
59.1, 59.2																																																																																																																																																																																																													
60.1, 60.2																																																																																																																																																																																																													
61.1, 61.2																																																																																																																																																																																																													
62.1, 62.2																																																																																																																																																																																																													
63.1, 63.2																																																																																																																																																																																																													
64																																																																																																																																																																																																													
65.1, 65.2																																																																																																																																																																																																													
66.1, 66.2																																																																																																																																																																																																													
67.1, 67.2																																																																																																																																																																																																													
68.1, 68.2																																																																																																																																																																																																													
69.1, 69.2																																																																																																																																																																																																													
70.1, 70.2																																																																																																																																																																																																													
71.1, 71.2																																																																																																																																																																																																													
72.1, 72.2																																																																																																																																																																																																													
73.1, 73.2																																																																																																																																																																																																													
74																																																																																																																																																																																																													
75.1, 75.2																																																																																																																																																																																																													
76.1, 76.2																																																																																																																																																																																																													
77.1, 77.2																																																																																																																																																																																																													
78.1, 78.2																																																																																																																																																																																																													
79.1, 79.2																																																																																																																																																																																																													
80.1, 80.2																																																																																																																																																																																																													
81.1, 81.2																																																																																																																																																																																																													
82.1, 82.2																																																																																																																																																																																																													
83.1, 83.2																																																																																																																																																																																																													
84																																																																																																																																																																																																													
85.1, 85.2																																																																																																																																																																																																													
86.1, 86.2																																																																																																																																																																																																													
87.1, 87.2																																																																																																																																																																																																													
88.1, 88.2																																																																																																																																																																																																													
89.1, 89.2																																																																																																																																																																																																													
90.1, 90.2																																																																																																																																																																																																													
91.1, 91.2																																																																																																																																																																																																													
92.1, 92.2																																																																																																																																																																																																													
93.1, 93.2																																																																																																																																																																																																													
94																																																																																																																																																																																																													
95.1, 95.2																																																																																																																																																																																																													
96.1, 96.2																																																																																																																																																																																																													
97.1, 97.2																																																																																																																																																																																																													
98.1, 98.2																																																																																																																																																																																																													
99.1, 99.2																																																																																																																																																																																																													
100.1, 100.2																																																																																																																																																																																																													
STAMPING	SEE NOTE BELOW																																																																																																																																																																																																												
LOADING	3.4, 61.3.2.3, 35.6, 36.34.1.1																																																																																																																																																																																																												
GENERAL TESTS																																																																																																																																																																																																													
HYDRAULIC TEST	2.6, 36.6, 32, 35.11, 36.2																																																																																																																																																																																																												
PNEUMATIC TEST	36.6																																																																																																																																																																																																												
PROOF TEST																																																																																																																																																																																																													
IMPACT TEST	4.1.7, 4.16.1.2 4.16.2, 4.16.1.1 4.16.7, 4.16.7.2, 4.16.13 36, 36.1, 36.2																																																																																																																																																																																																												
RAMMOGRAPHIC TEST	3.4 (APPENDIX I & II)																																																																																																																																																																																																												
INSPECTION	2.6, 36.6, SEE NOTE BELOW																																																																																																																																																																																																												
SCHE	1, 36.4																																																																																																																																																																																																												
REPAIRS	3.8																																																																																																																																																																																																												
FASTEN	32																																																																																																																																																																																																												

NOTE: EQUIPMENT FOR PRESSURE VESSELS LIKE GASKETS, VALVES, MANHOLE ETC. AND INSPECTION REGULATIONS ARE GIVEN BY SPECIAL CODES AND THE DETAIL CODES 1 TO 95. THE DOME CODE AND THE SKIRT CODE, FOR REINFORCEMENT, IS EQUIPMENT FOR STEELS, BUT FALLING WITHIN THE SCOPE OF A SPECIAL CODE, AT LEAST THE AM RECORDER CODE IS APPLICABLE.

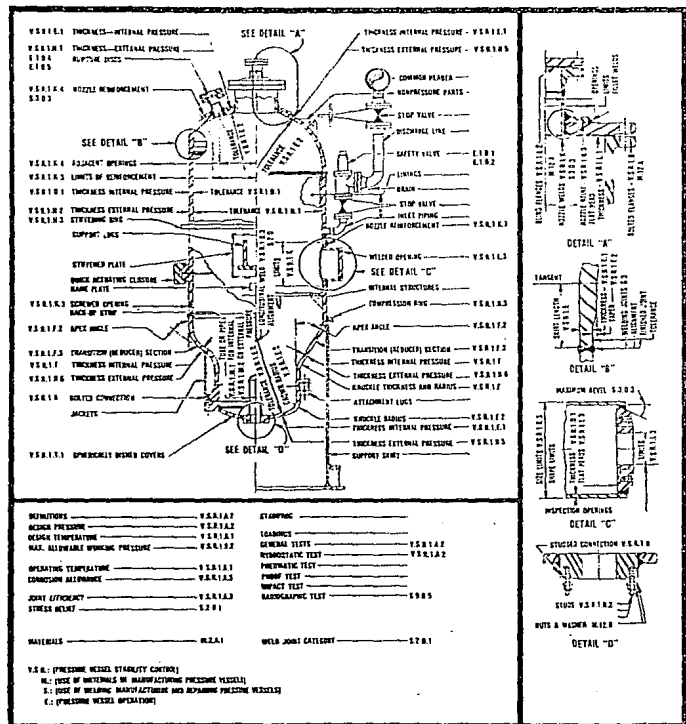
The Code is published by Tryckkarlskommissionen IVA, P.O. Box 5075, S-107 42, Stockholm, Sweden

A P E N D I C E G

Guía del Código Italiano para Recipientes a Presión.

Guide to Italian Pressure Vessel Code

R. Mazzoncin, Brescia, Italy



A.N.C.C. is published by Casa Editrice L'Espresso, via Comolli 24 (P.O. Box 5180) Milano, Italy (26608)