

201, 57



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

FABRICACION Y MONTAJE DE LA TUBERIA DE
ACERO DEL SISTEMA CUTZAMALA PARA
ABASTECIMIENTO DE AGUA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A

BELISARIO ROBERTO CHAVEZ CARDONA

MEXICO, D. F.

1986



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.

I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION	1
<u>CAPITULO I</u>	
1. FABRICACION.	7
1.1 Inspección del Acero.	11
1.2 Inspección Ultrasónica.	14
1.3 Trazo.	17
1.4 Corte y Biselado.	18
1.4.1 Corte, Descripción del Procedimiento.	19
1.5 Rolado.	22
1.5.1 Curvado Preliminar y Curvado Cilíndrico.	22
1.5.2 Curvado de envolturas cónicas.	23
1.5.3 Rolado. Descripción por pasos.	24
1.6 Armado.	27
1.6.1 Armado Longitudinal.	27
1.6.2 Armado Circunferencial.	27
1.6.3 Tolerancia en Alineamiento.	30
1.6.4 Armado. Descripción por pasos.	30
1.7 Soldadura.	32
1.7.1 Generalidades.	32
1.7.2 Tratamiento térmico y recocido	35
1.7.3 Secuencia y proceso utilizados en la soldadura.	37
1.7.4 Descripción de procesos de soldadura.	41
A- Soldadura de arco metálico protegido SMAW.	41
B- Soldadura de arco metálico con protección de gas GMAW.	46
C- Soldadura de arco sumergido SAW.	50
1.7.5 Inspección radiográfica.	52
1.7.6 Fallas en soldaduras hechas por arco metálico.	55
A- Defectos superficiales.	55
B- Defectos internos.	57

PAGINA

CAPITULO II

2. MONTAJE.	60
2.1 Transporte.	60
2.2 Distribución.	61
2.3 Instalación.	61
2.4 Equipo.	67

CAPITULO III

3. PROTECCION ANTICORROSIVA DE LA TUBERIA.	69
--	----

CAPITULO IV

4. SUPERVISION, ESPECIFICACIONES Y PRUEBAS.	74
4.1 Supervisión.	74
4.2 Especificaciones.	76
4.3 Pruebas finales.	80

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES.	87
Bibliografía	89

LISTADO DE ILUSTRACIONES

FIGURA	TITULO	PAGINA
1	Croquis de las Tres Etapas del Sistema	4
2	Perfil del Sistema Cutzamala	6
3	Planta de Bombeo No. 1 Múltiples de <u>Suc</u> ción y Descarga	9
4	Línea de Conducción No. 1 Alta Presión	10
5	Diagrama del Proceso de Fabricación	13
6	Diseño de Biseles	21
7	Secuencia de Rolado	26
8	Detalle de Fabricación de Tubo Recto	28
9	Detalle de Fabricación de Codo	29
10	Armado: Primera Sección de Múltiple de Succión	31
11	Secuencia de Soldadura	40
12	Corte de una Operación de Soldadura de Arco Sumergido (SAW) Automática	51
13	Inspección Radiográfica	53
14	Diagrama del Proceso de Instalación	62
15	Procedimientos de Montaje	66
	Reporte de Inspección Ultrasónica	15
	Características de los Electrodo para Soldadura SMAW	43-45
	Características del Electrodo para <u>Sol</u> dadura GMAW	49
	Reporte de Inspección Radiográfica	54
	Especificaciones para el Procedimiento de Soldadura WPS y PQR	83

INTRODUCCION

La irregularidad en la distribución de la población en la República Mexicana, ha creado la necesidad de racionalizar el uso del agua para evitar que las actuales fuentes de abastecimiento sean insuficientes.

La demanda de agua para los tres usos principales -doméstico, industrial y comercial- crece considerablemente. Este problema se agrava sobretodo en las grandes urbes, como el Area Metropolitana del Valle de México.

En México, de acuerdo con estudios de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico, el volumen anual que escurre por nuestros ríos y corrientes es de 410,000 millones de metros cúbicos; esta cifra es invariable, lo cual obliga a lograr que con ese volumen se satisfagan las necesidades presentes y futuras de la creciente población.

Para satisfacer las necesidades alimentarias y disminuir el peligro de inundaciones, en la época precolombina se construyeron ingeniosas obras hidráulicas. Con las chinampas se ampliaron las áreas de cultivo; con los albarradones se manejaron los caudales de avenidas que llegaban a los lagos y los niveles de éstos; separando las aguas dulces de las salobres y mediante acueductos de madera o de argamasa, condujeron el agua de los manantiales a las zonas más pobladas.

La primera obra importante realizada en el valle para abastecimiento de agua, durante la época colonial, fue la reconstrucción del acueducto de Chapultepec; posteriormente el acueducto de Atzacapozalco-Tlaltelcico y el acueducto de Belén que va de Chapultepec a Salto del Agua. A principios del Siglo XVII se construyó el acueducto La Verónica por la avenida Melchor Ocampo y Calzada México-Tacuba hasta la pila La Mariscala frente al actual Palacio de Bellas Artes. A mediados del Siglo XVIII se construyó el acueducto de Guadalupe para abastecer la zona norte de la ciudad; al final del siglo se captaron los manantiales

del Desierto de los Leones.

En el Siglo XIX se inició en México la perforación de pozos a cielo abierto; este método se popularizó rápidamente por su economía y al final del siglo, había más de mil pozos perforados en la Ciudad de México.

Como la población aumentaba rápidamente y había que incrementar el abastecimiento de agua, en 1901 se elaboró un Plan de Abastecimiento y Distribución de Aguas Potables para la Ciudad de México donde se proponía el empleo de los manantiales de Xochimilco.

Entre 1905 y 1908, se construyó el acueducto de Xochimilco que consistía en captar 2,100 litros de agua por segundo, de los manantiales La Noria, Nativitas, Santa Cruz y San Luis, por medio de dos bombas eléctricas instaladas en cada uno. Una vez captada, el agua se bombeaba por un acueducto de 26 kilómetros de longitud hasta la planta de bombas La Condesa que contaba con cuatro bombas centrífugas de 850 litros cada una, elevándose desde ahí hasta los cuatro tanques de regularización y distribución de Molino del Rey, con capacidad para 50,000 m³. cada uno. Todavía en 1908, cuando el acueducto Xochimilco inició su operación, llegaba a la Condesa agua de Chapultepec. No fue sino -- hasta 1912 cuando se suspendió la explotación de estos manantiales.

Después de la Revolución y del Impacto de la Constitución de 1917 y su Artículo 27 sobre la propiedad de tierras y aguas comprendidas en el territorio, se inicia la construcción de obras adicionales de captación, conducción y bombeo en el acueducto Xochimilco, así como otros sistemas menores.

En la década de los años veinte se descubre que la Ciudad de México se hundía a consecuencia de la extracción excesiva del agua del subsuelo, pero no se toman medidas preventivas. No fue sino hasta -- 1941 cuando se inician obras para traer agua de la cuenca del Río Lerma.

Para conducir el agua captada por medio de pozos en esta cuenca se construyó un acueducto y túnel Atarasquillo - Dos Ríos, de 15 kilómetros de largo, que atraviesa la Sierra de las Cruces, la cual divide las cuencas del Lerma y del Valle de México.

El continuo crecimiento demográfico y el hundimiento acelerado de la ciudad, hicieron insuficiente esta obra y se iniciaron nuevas obras como el Sistema Chiconautla, la segunda etapa del Lerma, etc., todas ellas basadas en la extracción de agua por medio de pozos.

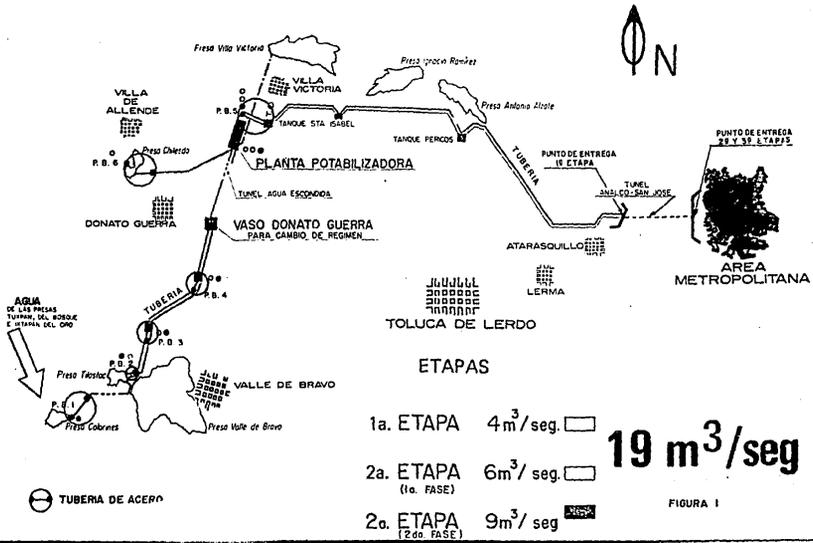
En 1972, el Area Metropolitana consideraba, además del Distrito Federal, a los municipios adyacentes del Estado de México y las soluciones basadas en perforación de pozos locales no eran ya aceptables por los hundimientos que provocarían. En este año se crea la Comisión de Aguas del Valle de México, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos que se encarga de programar, proyectar, construir, operar y conservar las obras de aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la cuenca del Valle de México.

Para lograr la producción de 125 m³/seg. que 29 millones de personas demandarán en el año 2000, la Comisión elaboró un Plan de Acción Inmediata y un Plan de Acción Mediata.

El Plan de Acción Inmediata contempla el aprovechamiento de acuíferos poco distantes del área urbana y donde el suelo basáltico permite extracciones sin provocar hundimientos de consideración, e incluye la construcción de más de 200 pozos, 225 km. de acueductos, 6 plantas de bombeo, una planta potabilizadora y una de reuso.

El Plan de Acción Mediata está diseñado para traer agua de cuencas externas a la del Valle de México. La Comisión Hidrológica del Valle de México realizó un estudio de entre 15 cuencas vecinas y encontró que las más viables para abastecer el Area Metropolitana, eran las del Cutzamala, Amacuzac y Tecolutla.

croquis de las tres etapas del sistema cutzamala



Actualmente se construye el Sistema Cutzamala en el Estado de México, el cual consta de tres etapas: la primera capta, desde 1982, 4 m³/seg de la Presa Villa Victoria ; la segunda capta, desde 1985, -- 6 m³/seg de la Presa Valle de Bravo y, finalmente, la tercera etapa to mará en 1987. 8 m³/seg del Vaso de Colorines y 1 m³/seg de la Presa Chilesdo para complementar así 19 m³/ seg.

La construcción de este sistema comprende 2 presas derivadoras, 180 km de tubería de concreto presforzado de 2.50 m de diámetro, 18 km de túneles de 4 m de diámetro, 9 km de canal cubierto, 120 km de caminos de acceso y operación, una planta potabilizadora con capacidad para 24 m³/seg, 9 tanques de oscilación y sumergencia, 6 plantas de bombeo para elevar el agua 1 100 m aproximadamente y cerca de -- 5000 metros de tubería de acero para alta presión con diámetros de 1.00 a 3.17 m.

En este trabajo me refiero precisamente a la ingeniería de detalle, fabricación, montaje, protección anticorrosiva, inspecciones y pruebas de la tubería de presión de las líneas de conducción del Sistema Cutzamala.

PERFIL DEL SISTEMA CUTZAMALA

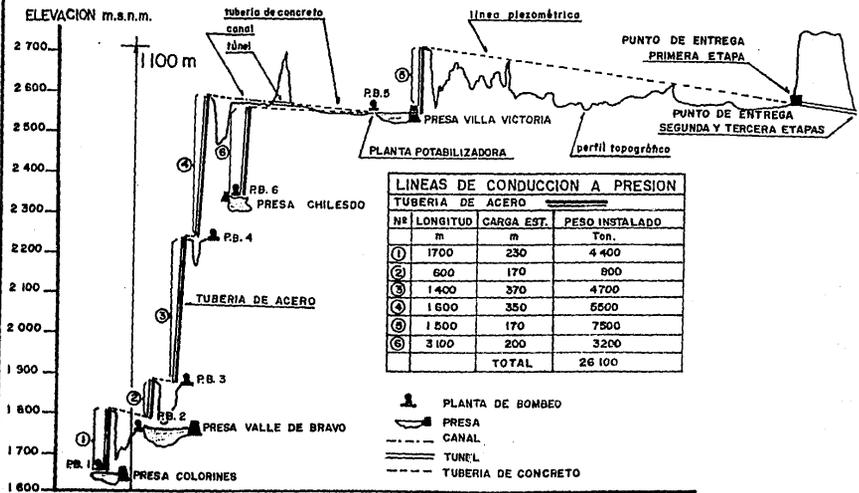


FIGURA 2

CAPITULO I

FABRICACION

Las tuberías de alta presión se han usado desde mediados del siglo XIX. Primero se fabricaron por medio de fundición; después remachadas, sunchadas y soldadas.

Los tubos soldados, hace algunos años, se fabricaban con soldadura de oxdacetileno; pero en la actualidad, la soldadura por arco eléctrico supera por mucho a la anterior.

La soldadura por arco eléctrico fue usada por primera vez en Europa, en 1930, para fabricación de tubería y en México se inició su uso en 1944, en las tuberías de la Planta Hidroeléctrica de Ixtapantongo; -- después se extendió su uso a todo tipo de estructuras.

Los mayores espesores soldados en el mundo -en tubería- son 60 mm. en Suiza y 70 mm. en Estados Unidos de Norteamérica.

La soldadura de aceros con límites elásticos de 3 500 Kg/cm² a 7 000 Kg/cm² es muy comun actualmente, pero para ello fue necesario un alto desarrollo técnico en metalurgia para obtener una placa base de alta soldabilidad y electrodos con iguales resistencias y e-longamien--tos que el material base.

Por soldabilidad se entiende la propiedad del acero de obtener, mediante la soldadura, la unión soldada de alta calidad sin grietas, poros u otros defectos.

El tubo soldado eléctricamente debe tener una preparación y acabados perfectos. La placa utilizada en la fabricación es ultrasonada y las soldaduras radiografiadas, para obtener un producto altamente seguro.

Los tubos soldados eléctricamente, utilizados en esta tubería, se forman con láminas en frío. La fabricación se hace estrictamente de -

acuerdo a Especificaciones Generales y Particulares y la ejecución, ma no de obra y materiales son de óptima calidad.

Los materiales de acero al carbón y baja aleación que se fabrican en México, han adoptado las especificaciones de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials - ASTM) y sus diferentes calidades se marcan y apogan a todas las características de esta Sociedad. Las mismas nomenclaturas y especificaciones son aceptadas por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers - ASME) y por la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society - AWS) en todas sus secciones.

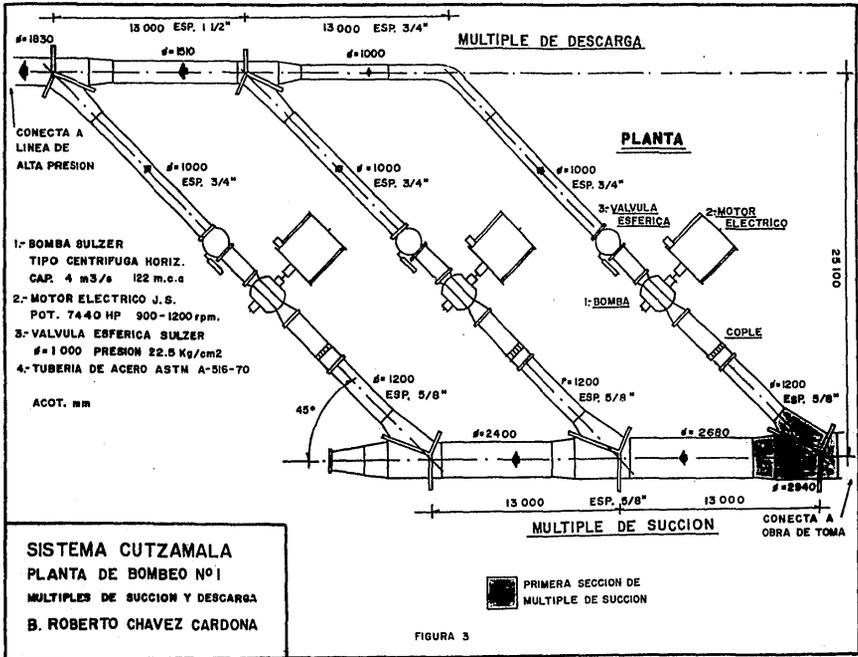
Todos los materiales sujetos a esfuerzos producidos por presión, deben satisfacer especificaciones. No se emplea en la fabricación de elementos a presión, ningún material que no tenga certificación de calidad proporcionada por el fabricante del mismo.

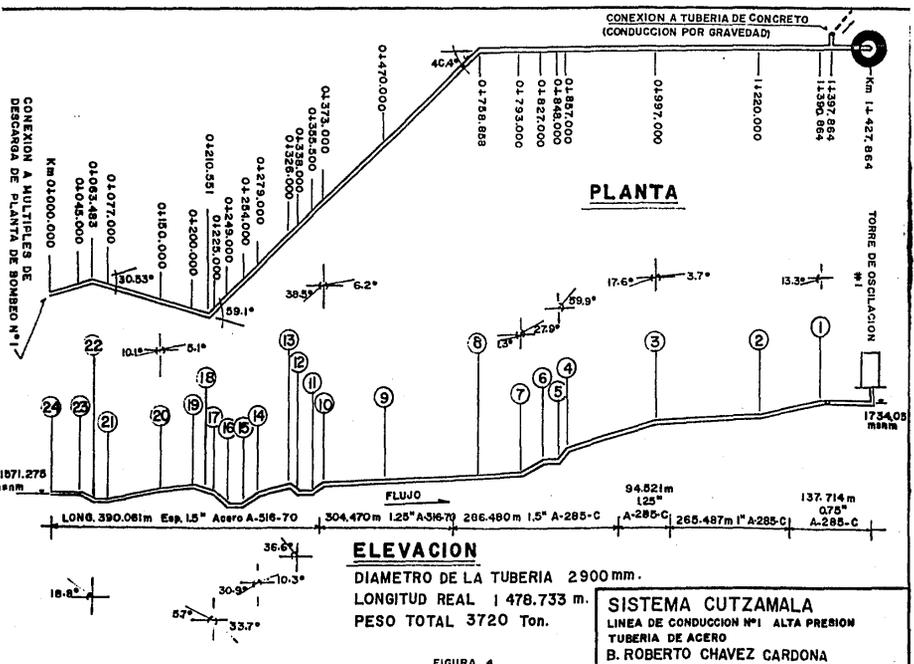
La placa de acero empleada en la fabricación de la tubería soldada, de acuerdo con su denominación y análisis, debe aplicarse en los cálculos con los esfuerzos máximos admisibles, por lo que el control de la calidad de ésta es fundamental.

Los materiales no identificables o bien sin certificación de calidad, se emplean en las piezas complementarias no sujetas a grandes esfuerzos como andamios, mamparas, etc. y antes de emplearlos se realiza una prueba de soldadura a tope que debe de satisfacer las especificaciones correspondientes.

Los materiales complementarios para integrar la tubería, como lo son piezas forjadas, tuberías, soportes, etc., debe de satisfacer las normas correspondientes.

La placa utilizada en la fabricación de esta tubería es propiedad de la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM); se produce en Altos Hornos de México, en Monclova, Coahuila y es enviada al taller de





fabricación a través de góndola de ferrocarril o tractocamión. La placa utilizada es del tipo "Rolada en caliente, con orillas de molino y corte de cabeceiras".

Para efecto de adquirir la placa y demás materiales necesarios, se requiere que la CAVM entregue dibujos y señale especificaciones a los cuales estarán sometidos la fabricación, la instalación y la protección anticorrosiva de la tubería.

Como datos principales de estos dibujos y especificaciones, se encuentran:

- a) Topografía de las líneas de conducción.
- b) Diámetros, espesores y especificación de todos los materiales (Ver figuras Nos. 3 y 4).
- c) Persona o dependencia encargada de supervisión.
- d) Procedimiento y especificación de todos los materiales para la protección anticorrosiva de la tubería.
- e) Definición de Códigos y Normas.

En base a estos datos se elaboran los pedidos de material considerando las capacidades del equipo en el taller de fabricación y en el campo al momento de la instalación.

En seguida se elaboran planos de detalle de fabricación y montaje (ver figuras Nos. 8 y 9) en base a las posibilidades de los equipos.

1.1 Inspección del Acero

El tipo de acero utilizado en la fabricación de esta tubería corresponde a las calidades: ASTM A-285-C y ASTM A-516-70. Estas clasificaciones las asigna la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. La letra A que antecede a los números significa que se trata de un material metálico ferroso. Los siguientes números y letras no indican nada excepto el orden cronológico en el que fueron descubiertos y posteriormente aceptados por esta sociedad.

+ Acero ASTM A-285

Esta especificación comprende tres grados de placa de acero al carbón (A, B, C). Se utiliza para hacer soldados en recipientes a presión con bajos o intermedios esfuerzos de trabajo. El espesor máximo que se fabrica este acero en placa es de 2 pulgadas. El grado de acero utilizado en la tubería es el C.

- Sus requerimientos químicos son:

Porcentaje de carbón máximo	0.35%
Manganeso máximo	0.80%
Fósforo máximo	0.05%
Sulfuro máximo	0.05%
Cobre máximo	0.25%

- Sus requerimientos de esfuerzos son:

Esfuerzo último a la tensión	3870-4574 Kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia	2111 Kg/cm ²

+ Acero ASTM A-516

Este es un acero mangano-silíceo de grano fino clasificado en cuatro grados: 55, 60, 65 y 70. Es utilizado en la fabricación de recipientes a presión, sujetos a bajas temperaturas y que requieren de material de alta flexibilidad. Se fabrica en placa hasta de 2 pulgadas de espesor. Es utilizado para ser soldable. El grado de acero utilizado en la tubería es el 70.

- Sus requerimientos químicos son:

Porcentaje de carbón máximo	0.28%
Manganeso máximo	1.20%
Fósforo máximo	0.04%
Sulfuro máximo	0.05%
Silicio	0.30%

DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACION

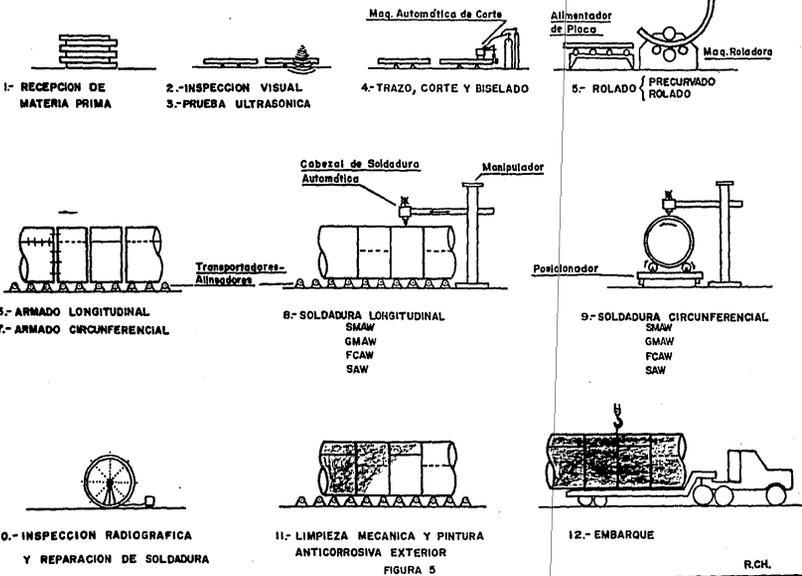


FIGURA 5

R.C.H.

- Sus requerimientos de esfuerzos son:

Esfuerzo último a la tensión	4926-5981 Kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia	2674 Kg/cm ²

El acero A-516-70 es de mejor calidad que el A-285-C pues aunque cuenta con menor contenido de carbono y su resistencia pudiera ser menor, su mayor contenido de manganeso le incrementa su resistencia, su límite elástico y su alargamiento. Además su mayor contenido de Silicio le proporciona un afinamiento en el grano, y por lo tanto, mayor homogeneidad y la seguridad de encontrar menos defectos internos como burbujas o laminaciones.

El acero de especificación ASTM A-516-70 es utilizado en la fabricación de múltiples de succión y descarga y en un tramo inicial de la conducción, inmediatamente adelante de la estación de bombeo por tener mayor capacidad de soportar impactos por sobrepresiones y subpresiones debidas a variaciones en la operación de las bombas.

La especificación ASTM A-20 señala un grupo de requerimientos comunes que deben de ser aplicados a las planchas producidas para la fabricación de depósitos y conducciones a presión y calderas. En base a esta especificación se admiten o rechazan placas destinadas a la fabricación de esta tubería.

1.2 Inspección Ultrasónica

La especificación ASTM A-435 se refiere a los estándares y procedimientos para la inspección ultrasónica de placas de acero.

La inspección ultrasónica sirve para verificar que el espesor y la calidad de la placa suministrada para la fabricación de la tubería sean los suficientes. Con esta inspección se pueden detectar defectos externos e internos en el material, tales como escacés de espesor, laminaciones, socavados y fracturas.

REPORTE DE INSPECCION ULTRASONICA

Especificación material		Espesor material		Diámetro pieza PLACA		Tipo de Junta	
A-2B5-C		7/8"		5520 X 3230		-----	
Aparato Modelo BALTEAU SONATEST. COMPARAGAGE L T D CG-1 S-6346		Palpador-Tipo BALTEAU S. TEST T M P - 1 S-126/6		Localidad en base de tiempos		Frecuencia en MHz.	Amplificac en dB.
				Ondas longitud.	Ondas transvers.		
Identificación pieza	Acep.	Rech.	Reparaciones			Descripción del defecto y observaciones	CATEG.
			1°	2°	3°		
PEDIDO No. <i>266</i>						Se inspeccionó en forma puntual en los vértices resultantes del cuadrículado formado por líneas paralelas, trazadas a cada 9" a todo lo largo y ancho de la placa y un punto extra al centro de cada cuadro. En las orillas de la placa se redondea a cada 4" el cuadrículado chocándose en la misma forma que el resto de la placa, encontrándose variaciones en el espesor siendo: La lectura mínima de: <i>.845</i> ". La lectura máxima de: <i>.845</i> ".	
ORDEN No. <i>2</i>							
PLACA No. <i>1</i>	✓						
NO SE DETECTARON DEFECTOS OBJETABLES.							

La laminación es un defecto no reparable el cual se presenta separado en forma de hojas paralelas a las caras de la placa. Estas laminaciones pueden ser visibles o internas y se presentan generalmente en las orillas de las placas. Ocasionalmente son visibles y consecuentemente no es necesario realizar la prueba ultrasónica para rechazar la placa laminada.

El socavado es un defecto pequeño y reparable consistente en una falta de espesor puntual, el cual es generalmente rellenado y esmerilado para no rechazar la placa por completo.

La fractura es un defecto de importancia en forma de grieta, casi siempre perpendicular a las caras de la placa. Esta no es reparable e implica el rechazo de la zona afectada o la placa completa en su caso.

La prueba ultrasónica consiste en:

Cada placa es colocada horizontalmente sobre una mesa (generalmente la mesa de corte) y es limpiada perfectamente con escoba.

Se marca una cuadrícula a todo lo ancho y largo de la placa. La medida de la cuadrícula depende de la importancia en la seguridad de la conducción.

El aparato de ultrasonido cuenta con una pantalla y una extensión en cuyo extremo se encuentra un palpador. El palpador se recorre a todo lo largo de la cuadrícula e instantáneamente aparece en la pantalla, ya sea digital o gráficamente, el espesor de la placa en milésimas de pulgada en el punto tocado por el palpador. El espesor registrado en pantalla no debe ser menor que el espesor nominal de la placa menos treinta milésimas de pulgada. En el caso de existir una laminación o una fractura, el aparato registra la profundidad de la laminación, su área, la longitud de la fractura y en base a la especificación, se procede a aceptar o rechazar la placa ultrasonada.

Como esta tubería conduce agua y una fuga no representa mucho peligro, la especificación marca como suficiente la inspección realiza-

da en forma puntual en los vértices que resultan de cuadrricular la placa en líneas paralelas trazadas a cada nueve pulgadas a lo largo y ancho de la placa y en un punto extra al centro de cada cuadro. En los bordes de la placa la inspección debe ser más rigurosa por el motivo de que estarán cercanos a una junta de soldadura y probabilidad de falla es mayor: por ello la cuadrícula se reduce a 4 pulgadas por lado.

Cualquier defecto no reparable como laminación, fractura o falta de espesor considerable registrado en la inspección, es motivo suficiente para rechazar la parte de la placa defectuosa o ésta en su totalidad.

La especificación ASTM A-435 marca las siguientes condiciones para efectuar la prueba:

- a) La inspección debe llevarse a cabo en un área libre de operaciones que interfieran en el debido funcionamiento del equipo de ultrasonido.
- b) La superficie de la placa debe ser suficientemente limpia y lisa.
- c) Debe efectuarse preferentemente en las dos caras de cada placa y antes de ser trabajada.

1.3 Trazo

Todas las placas para la fabricación son trazadas de acuerdo a planos e indicaciones del proyecto y a las órdenes de Supervisión, con objeto de que adapten perfectamente a los lugares donde irán y a las demás placas donde deberán unirse.

Una vez que se ha seleccionado un lote de placas por espesor, calidad y dimensiones, éstas se acomodan sobre el suelo, repartidas de tal manera que puedan ser trazadas. Se procede a limpiar las orillas de la placa con carda o cepillo de alambre, a fin de evitar irregularidades en el trazo y defectos en el corte. En seguida el trazador y su ayudante verifican que las dimensiones de las placas coincidan con los datos proporcionados anteriormente por un almacenista y proceden a marcar los

puntos de referencia para los cortes longitudinales de la placa y para los cortes de puntas de las mismas, de acuerdo a los dibujos de detalle, marcando con un punto de golpe estas intersecciones. Después, se toman las medidas de las diagonales entre los puntos marcados en las intersecciones con objeto de verificar la escuadría del trazo.

Una vez revisada la escuadría, se rayan las líneas que marcan los límites de la placa útil, de acuerdo a dibujos de detalle y se marca con número de golpe y pintura, identificándola con su dibujo correspondiente.

Las marcas incluyen lo siguiente:

- a) El número de la pieza
- b) El número del canuto
- c) El número de la tubería
- d) El espesor de la placa
- e) La obra.

Posteriormente el trazador reporta las placas trazadas con objeto de que el supervisor correspondiente revise el trabajo.

Equipo utilizado en el proceso:

- Grúa de patio y mordazas

Herramienta necesaria:

- Cinta métrica de 20 mts, regla de 5 mts, hilo reventón, rayador, martillo de bola, punto y números de golpe y pincel.

Personal necesario:

- Trazador y ayudante, operador de grúa y ayudante, supervisor y almacénista.

1.4 Corte y Biselado

Todas las placas son cortadas con soplete guiado mecánicamente. El proceso de corte con gas consiste en calentar el acero hasta su temperatura de combustión y después quemarlo rápidamente por medio de

un chorro de oxígeno regulado. Este proceso es químico y está basado en la reacción que se produce entre el hierro y el oxígeno cuando el metal llega a temperaturas entre 760 y 870 grados centígrados. Solamente el metal que está en contacto directo con el chorro de oxígeno es el afectado, aunque éste no es completamente quemado y alrededor de un 30 ó 40% del metal no quemado es sacado fuera del corte debido al efecto corrosivo del chorro de oxígeno. en forma de escoria y polvo.

El gas combustible que fluye por los orificios que rodean la salida del oxígeno es el que produce la flama de precalentado y se aprovecha para calentar el metal lo suficiente para iniciar el corte y para mantener la operación durante el corte. Este gas puede ser Acetileno, Hidrógeno. Butano, Propano, Gas L.P., etc.

La calidad de un corte depende fundamentalmente de la uniformidad de la flama de precalentado, de la regulación adecuada de presión del gas y oxígeno y de la limpieza, tanto del material por cortar como de los orificios de salida de los gases del soplete cortador.

El número de boquilla del soplete marca el diámetro del orificio de salida del chorro de oxígeno y se selecciona con el espesor del corte a efectuar ya sea perpendicular al plano de la placa o el plano inclinado en el caso del corte de bisel.

El flujo del gas combustible es afectado en los cortes de bisel, - pues al aumentar el ángulo de inclinación del corte aumenta el espesor de la placa y la transmisión de calor y oxígeno es menos eficiente, por lo que se requiere mayor presión de gases.

1.4.1 Corte. Descripción del Procedimiento.

Con la ayuda de una grúa, la placa es colocada sobre una mesa de corte. Dicha mesa consiste en una serie de largueros apoyados sobre el suelo, que mantienen la placa separada del suelo por lo menos 10 centímetros, para evitar que el choque del chorro de oxígeno con el sue

lo provoque turbulencia que cause efectos en la superficie de corte.

Para el corte se utiliza una máquina autopropulsada de seguimiento manual que soporta al soplete de corte.

El cortador coloca y sujeta -en posición horizontal- la vía de la máquina de corte, paralela al trazo efectuado sobre la placa por los lados de las orillas de la misma y a la distancia necesaria para que el soplete quede sobre una línea paralela al trazo. El centro de la boquilla no se coloca exactamente sobre el trazo, sino de 1 a 3 milímetros paralela a él, del lado exterior a la placa útil, por el ancho de ranura que deja el soplete al cortar.

Se procede a recorrer el carro de la cortadora sobre la totalidad de la vía con el objeto de verificar que no haya bordes o topes en la vía que hagan vibrar el equipo en el momento del corte.

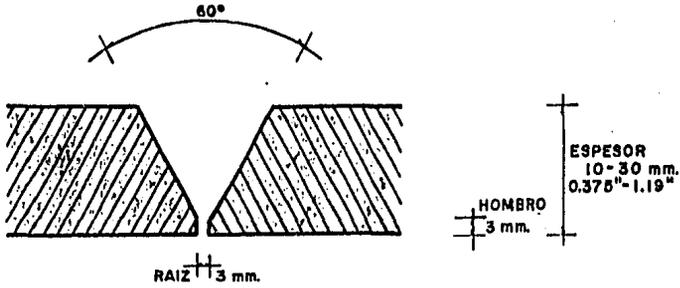
Regresa la máquina al extremo anterior de la placa, donde se inicia el corte y en ese momento se prende el soplete calibrando la presión y el volumen de gas y oxígeno. Acerca la cortadora de manera que la flama toque la orilla de la placa e inicie el precalentamiento.

Una vez que ha elevado la temperatura en el punto mencionado, procede a accionar la palanca correspondiente al volumen de oxígeno para corte e iniciará el primer corte que es vertical, perpendicular al eje de la placa que corresponde a la dimensión exterior de ésta.

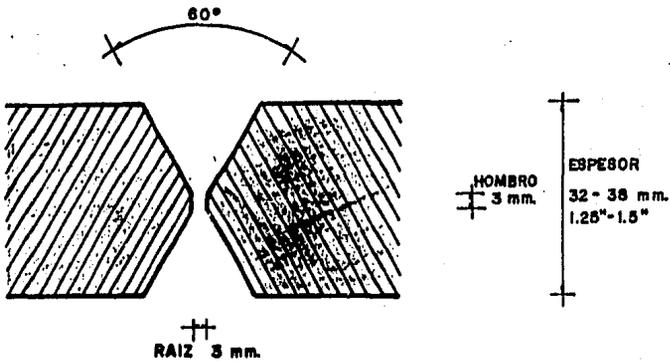
Terminado este primer corte, ajusta el soplete montado sobre la cortadora al ángulo correspondiente para efectuar el corte del bisel que marca el dibujo de detalle.

En seguida se procede a cortar el bisel en las cabeceras de la placa, en un procedimiento similar al anterior. Todas las placas se biselan de tal manera que el hombro del bisel sea de 3 mm. El ángulo del bisel es de 30° , con tolerancia de $\pm 5^\circ$, de tal manera que se forma un ángulo de 60° en cada junta para relleno de soldadura (Ver figura No. 6). Los cortes de las placas deben ser lisos, uniformes, libres de escorias

DISEÑO DE BISELES



1.- Bisel para espesor de placa entre 10 y 30 mm. ($3/8"$ - $1 3/16"$).



2.- Bisel para espesor de placa entre 32 y 38 mm ($1 1/4"$ - $1 1/2"$).

y rebabas y perfectamente limpios antes de ser rolados y soldados.

Equipo empleado:

- Grúa de patio o viajera de puente; máquina de corte semiautomática, autopropulsada de seguimiento manual y mesas de corte.

Herramienta necesaria:

- Boquillas para corte, encendedor, lentes oscuros y equipo de protección.

Personal necesario:

- Cortador y ayudante, operador de grúa y ayudante, supervisor.

1.5 Rolado

El rolado o curvado de placas se realiza en frío procurando que el procedimiento no perjudique las características y propiedades físicas del material.

Los cilindros de los tubos deben ser substancialmente redondos. La diferencia entre el diámetro máximo y mínimo en cualquier sección no debe exceder aproximadamente del uno por ciento del diámetro nominal en la sección considerada.

Las diferencias y tolerancias en el rolado se miden por la separación que se detecta entre una plantilla patrón (cercha) y la placa rolada.

Cuando las placas han sido cortadas a su forma, con gas o arco eléctrico, las orillas de éstas deben quedar lisas, uniformes y completamente limpias de escoria, costra o escama, para evitar perjudicar los rodillos de la máquina roladora y asegurar el curvado perfecto de éstas.

1.5.1 Curvado preliminar y Curvado cilíndrico

En el precurvado y curvado de envolturas cilíndricas tienen que estar los ejes de los rodillos ajustados paralelamente. Al curvar preliminarmente los bordes de las planchas, hay que calcular también la de

flexión que causa que la placa no esté doblada desde el mismo borde. En los extremos de la placa queda siempre un área recta sin curvar (acorazamiento). El tamaño de esta superficie recta es dependiente de la habilidad del operador, de la calidad del material y del diámetro de curvar. Con la deflexión de la placa hay que calcular también, en el curvado, el diámetro deseado de modo que se curvee el material a un diámetro disminuído por el valor de la deflexión. Este valor es fijo para cada calidad de material y diámetro curvado. Desviaciones aparecen cuando se curvan placas a lo largo de las fibras del laminado o a través de las fibras. Estas circunstancias tienen que ser respetadas sobre todo - en producción, en serie de tubos para que la máquina pueda ser ajustada a los mismos valores en las escalas.

La placa tiene que ser introducida a la máquina para curvar perpendicularmente con respecto al eje de los cilindros; ésto lo facilitan las estrías fresadas en la superficie de los rodillos de la máquina.

La simetría de la forma del tubo curvado se consigue calibrando la envoltura soldada. Antes tienen que ser adaptadas las soldaduras sobresalientes en la placa, en el caso de empalmar placas con el fin de complementar el desarrollo del tubo, para que no se deterioren los rodillos de curvar.

1.5.2 Curvado de envolturas cónicas

Las envolturas cónicas forman parte de los múltiples de succión y descarga, así como reducciones y ampliaciones. El curvado de envolturas cónicas se logra mediante la inclinación de los rodillos laterales de la posición horizontal.

El ajuste se controla en las escalas situadas en la propia máquina roladora.

En las envolturas cónicas con pequeño diámetro de vértice y gran conicidad, se utiliza un tope de frenado para compensar la velocidad pe

riférica y evitar que el cono tienda hacia uno de los cabezales de soporte de los rodillos.

Para controlar el transcurso del curvado de las envolturas cónicas pueden ser diseñadas líneas guía rectas superficiales, orientadas hacia el vértice del cono.

En el caso de grandes ángulos en el vértice y mayor anchura de envoltura que sobrepasa la mitad de la longitud del rodillo de curvar, se iguala la envoltura cónica corriendo manualmente la placa, observando las líneas guía diseñadas en la superficie. En el caso de manejo manual con la placa, hay que aflojar ésta ajustando los rodillos inferiores y después del ajuste volviéndolos a su posición original.

1.5.3 Rolado. Descripción por pasos

Una vez que las placas cortadas por las orillas fueron llevadas hasta la nave de rolado, se procede a levantar una de ellas mediante una grúa puente, tomándola por las orillas con dos grapas de presión en el punto de equilibrio. Cuando la placa ha sido izada, ésta se acerca hasta los rodillos amordazadores de la máquina roladora.

El rolador y su ayudante, con el auxilio de la grúa, introducen la punta de la placa entre los rodillos amordazadores teniendo la precaución de que los ejes de los rodillos sean perpendiculares a las orillas de la placa, para asegurar el rolado cilíndrico de las piezas.

Una vez revisada la perpendicularidad de los ejes, se procede a amordazar la placa con los rodillos de la máquina, ajustando la presión de los mismos sobre ésta. Se procede a regresar la placa entre los amordazadores hasta que la orilla de la misma quede a una distancia de 3 mm aproximadamente del eje de los rodillos.

Iniciando simultáneamente la elevación del rodillo lateral frontal para soportar la placa, se eleva el rodillo lateral posterior hasta la marca en la carátula de la elevación que se fija para el precurvado de la

primera punta.

Se ponen en marcha los rodillos de avance con objeto de que la -- punta de la placa avance hasta el rodillo frontal de curvado, mismo que se elevará para dar la curvatura de punta de placa necesaria, de acuerdo a la cercha correspondiente (Ver figura No. 7).

En estas condiciones y aumentando la elevación de los rodillos laterales simultáneamente, se inicia el rolado de la placa avanzando y retrocediendo el giro de los rodillos de avance hasta dejarla totalmente curvada a la medida final de acuerdo a la cercha. Durante esta operación, el radio de curvatura se está verificando constantemente a todo lo ancho de la placa para asegurar que el rolado sea cilíndrico y con las dimensiones necesarias de acuerdo a dibujos.

Ya curvada la longitud total de la placa, se procede al inicio o curvado del extremo posterior.

Para el inicio o curvado total del extremo posterior de la placa se sigue un procedimiento similar al utilizado en el otro extremo, con la diferencia de que este trabajo se ejecuta entre rodillo amordazador y el rodillo frontal de la máquina roladora.

Terminado el rolado se procede a conformar una punta con otra mediante un punto de soldadura y retirar el canuto de la máquina roladora, utilizando la grúa puente y un soporte horizontal para colocarlo en el piso y verificar nuevamente sus dimensiones finales.

Equipo utilizado en el proceso:

- Máquina roladora con capacidad de 38 mm. de espesor y 3 000 mm. de garganta, grúa puente de capacidad suficiente.

Herramienta necesaria:

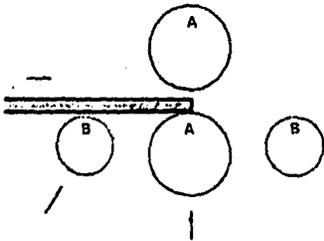
- Cerchas con distintas curvaturas, marro, cinta métrica, máquina de soldar.

Personal necesario:

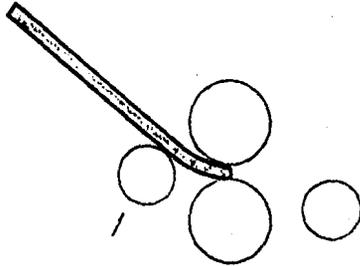
- Un rolador, dos ayudantes y un operador de grúa.

SECUENCIA DE ROLADO

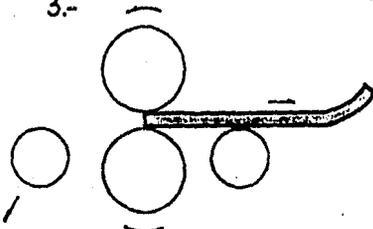
1.- POSICIONADO



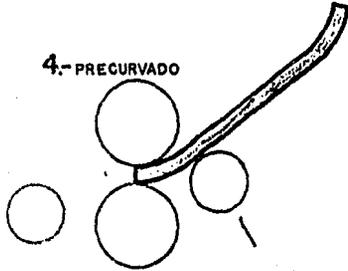
2.- PREGURVADO



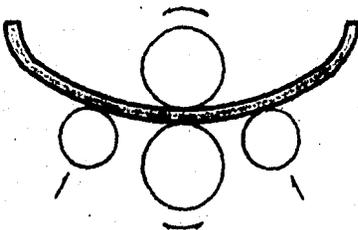
3.-



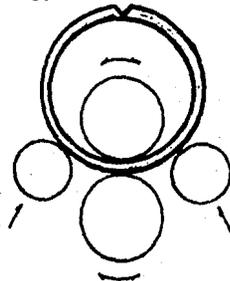
4.- PREGURVADO



5.- ROLADO



6.-



MAQUINA ROLADORA $\left\{ \begin{array}{l} \text{A - RODILLOS AMORDAZADORES PRINCIPALES} \\ \text{B - RODILLOS LATERALES AUXILIARES} \end{array} \right.$

FIGURA 7

R.O.I.

1.6 Armado

Las placas que se van a soldar deben colocarse alineadas definitivamente y fijar su posición durante toda la operación de soldadura.

Para fijar la posición de las placas, se emplean grapas, barras, candados, puntos de soldadura, gatos mecánicos e hidráulicos y otros procedimientos de fijación apropiados (Ver figuras 8 y 9).

1.6.1 Armado longitudinal

El armado longitudinal consiste únicamente en juntar las puntas de la placa rolada, de manera que se deje una separación de acuerdo a dibujos, entre una y otra, de 3 mm, con objeto de que la soldadura penetre de lado a lado por dicha abertura con todo el espesor de la placa. A dicha separación entre puntos u hombros se le denomina raíz. Con esta operación se termina de armar un canuto o anillo del tubo.

1.6.2 Armado circunferencial

El armado circunferencial de un tubo recto o cónico con recto, se efectúa colocando los canutos en serie sobre un posicionador-alineador consistente en dos hileras de rodillos con ejes paralelos al eje del tubo.

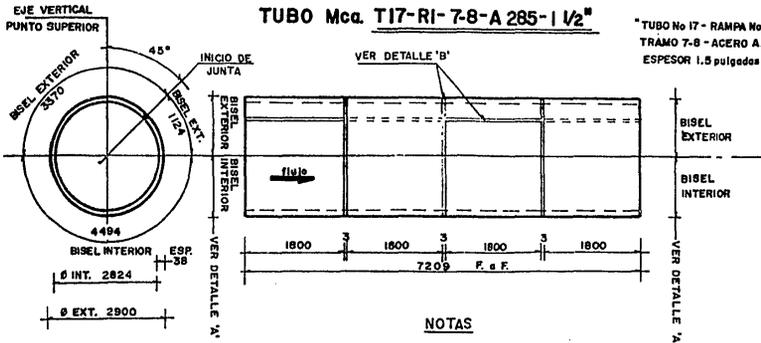
El número de pares de rodillos de apoyo debe ser por lo menos el número de canutos por armar.

La longitud de los canutos depende de la capacidad en ancho de la roladora (garganta) y la longitud total del tubo depende del número de canutos, procurando que no exceda de 12 metros para evitar problemas de transporte.

Uno de los pares de rodillos del posicionador es motriz a efecto de girar el primer canuto y buscar la mejor conformación con el siguiente. Al terminar de armar dos canutos, se continúa girando éstos para conformar con el tercer y así sucesivamente. El armado de piezas especiales como bifurcaciones, múltiples, pantalones, etc., se rea

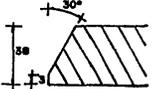
TUBO Mca. T17-RI-7-8-A 285-1 1/2"

"TUBO No 17 - RAMPA No 1 -
TRAMO 7-8 - ACERO A285C -
ESPESOR 1.5 pulgadas"



DESARROLLO PLACA 8988
DESARROLLO TOTAL EXT. 9111

DETALLE 'A'
BISEL PARA JUNTA DE CAMPO



DETALLE 'B'
BISEL PARA JUNTA DE TALLER



NOTAS

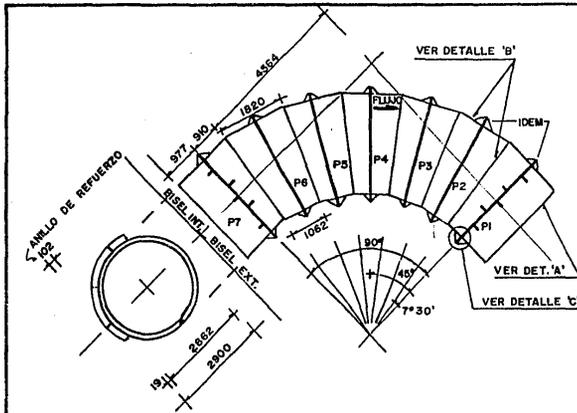
- 1- ACOTACIONES EN MILIMETROS
- 2- LA PLACAS ULTRASONADA AL 100%
- 3- SOLDADURA DE RESPALDO E-6010
SOLDADURA DE RELLENO E-7018
- 4- PRECALENTAR A 95° C.
- 5- SOLDADURAS RADIOGRAFIADAS AL 100%
- 6- LLEVA LIMPIEZA MECANICA INTERIOR
- 7- LLEVA PINTURA ANTICORROSIVA EXTERIOR
- 8- MARCA CON NUMERO DE GOLPE
- 9- PINTAR SENTIDO DEL FLUJO

LISTA DE MATERIAL		
CANT.	DESCRIPCION	Kg/m ³ PESO
4	PLACA DE 38 x 1800 x 8988	29.04 19.805
	ACERO ASTM A-285-C	

SISTEMA CUTZAMALA
DETALLE DE FABRICACION DE TUBO RECTO

B. ROBERTO CHAVEZ CARDONA

FIGURA 8

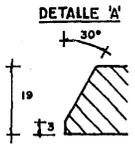


LISTA DE MATERIAL			
CANT	DESCRIPCION	Kg/m ²	PESO Kg
2	PL. 19 x 1887 x 9048	149.54	8106
5	PL. 19 x 1820 x 9048	"	12 315
7	PL. 19 x 102 x 9431	"	1008
112	PL. 19 x 102 x 102	"	224
			18 653

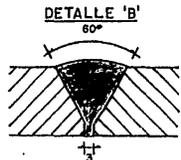
CODO

Mca. C T01-RI-A285- 3/4"
ACERO ASTM A-285-C

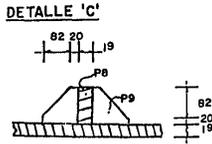
*CODO DE TORRE DE OSCILACION No 1 -
RAMPA No 1 - ACERO A285C - ESPESOR 3/4" PUNTO



BISEL PARA JUNTA DE CAMPO



BISEL PARA JUNTA DE TALLER



ANILLO Y CARTABONES DE REFUERZO LAS PLACAS P9 IRAN A 22°30' ALTERNADAS AL FRENTE Y ATRAS.

FIGURA 9

SISTEMA CUTZAMALA
DETALLE DE FABRICACION DE CODO

B. ROBERTO CHAVEZ C.

liza sobre un trazo efectuado sobre el piso (Ver figura No. 10).

1.6.3 Tolerancia en alineamiento

El alineamiento de las orillas de los canutos que van a ser soldados debe ser de tal manera que el máximo saliente no sea mayor del -- que se anota en la lista siguiente en donde t es el espesor nominal de la placa más delgada en la unión:

<u>Espesor de las placas t</u>	<u>Dirección de la junta en Cilindros</u>	
	<u>Longitudinal</u>	<u>Circunferencial</u>
Hasta 13 mm inclusive	1/4 t	1/4 t
De 13 a 19 mm incl.	3 mm	1/4 t
De 19 a 38 mm incl.	3 mm	5 mm
De 38 a 51 mm incl.	3 mm	1/8 t
Mayor de 51 mm	1/16 t max 10 mm	1/8 t max 19 mm

1.6.4 Armado. Descripción por pasos.

La sección de rolado entrega a armado las placas roladas para el formado de canutos totalmente identificadas y con los dibujos de armado correspondientes. El armador prepara un trazo sobre el piso -- donde se indica cuál es la posición de los canutos para el formado de la pieza, ya sea tubo recto, cónico o bifurcación.

Con ayuda de este trazo se fabrica una plantilla que sirve de molde para todas las piezas de cada espesor, con objeto de no repetir el trazo por cada una de ellas. Con ayuda de la grúa se coloca cada una de las piezas en su posición de acuerdo al molde y se procede a verificar las dimensiones generales de la pieza y la separación de las raíces de los biseles para que queden de acuerdo a los dibujos.

Se procede a ligar las placas entre sí por medio de puntos de soldadura en las raíces de los biseles para que queden de acuerdo a dibujos.

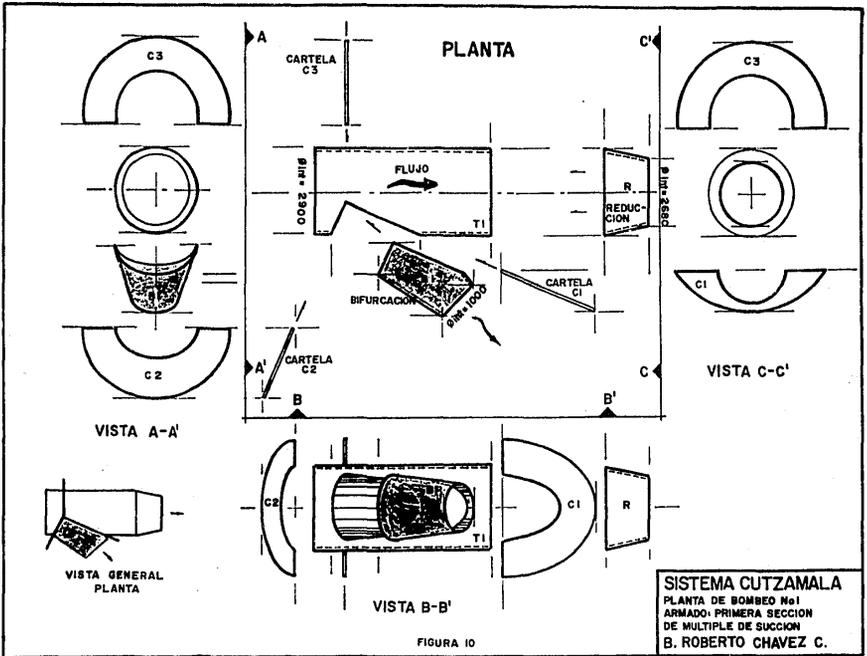


FIGURA 10

Se procede a ligar las placas entre sí por medio de puntos de soldadura en las raíces de los biseles, volviendo a verificar después de esto las dimensiones generales de la pieza armada. En seguida la pieza pasa a Soldadura.

Finalmente se coloca una serie de 3 a 4 rayos por la parte interior de la pieza con el objeto de rigidizarla y evitar que se deforme durante el transporte a la obra.

El equipo utilizado en el proceso:

- Grúa puente de capacidad suficiente, posicionados, alineador, máquina de soldar de bajo amperaje (punteadora), esmerilador portátil, cinta métrica, martillo y marro, gato hidráulico o mecánico, trifor, troqueles, etc.

El personal necesario:

- Armador, soldador (punteador) y ayudante general.

1.7 Soldadura

1.7.1 Generalidades

El término soldadura con arco eléctrico se aplica a una gran variedad de procesos de soldadura, que emplean un arco eléctrico como fuente de calor para fundir los metales que se unen; el circuito eléctrico es de alto amperaje y bajo voltaje, conocido como circuito de soldadura. Este circuito incluye una fuente de poder, cables eléctricos para soldadura, un portador para sujetar el electrodo, una mordaza para el cable de tierra y el electrodo que es consumible.

Uno de los cables de la fuente de poder se fija a la pieza por soldar y el otro al portador que sujeta el electrodo. La soldadura se inicia cuando se establece el arco eléctrico entre las piezas por soldar y el electrodo. El intenso calor que se produce con el arco funde el electrodo y la superficie de la pieza por soldar cercana al arco. Inmediatamente se forman pequeños glóbulos de metal fundido en la punta del

electrodo y a través del arco eléctrico se transfieren al pozo fundido de la superficie del material por soldar.

Si las soldaduras son planas y horizontales, la transferencia del metal se hace por gravedad, atracción molecular y tensión superficial. La atracción molecular y la tensión superficial son las fuerzas que intervienen para pasar el material del electrodo a las piezas por soldar cuando la soldadura se hace vertical o sobrecabeza. El arco eléctrico se mueve a lo largo de las piezas por soldar fundiendo los metales y -- soldándolos a medida que camina éste.

El arco eléctrico es una de las fuentes comerciales que proporcionan más calor y a más altas temperaturas (arriba de 5000 grados Centígrados al centro del arco) y es esta la razón de que el fundido del metal se provoque casi instantáneamente cuando se establece el arco eléctrico.

La unión o soldadura de dos piezas metálicas con arco eléctrico puede o no requerir presión o material adicional. El arco eléctrico puede establecerse entre la pieza de trabajo y el electrodo manual o mecánicamente, ya sea quedando la pieza fija y moviendo el electrodo, o bien el electrodo fijo moviendo la pieza por soldar.

El arco puede ser una barra metálica o alambre que se va consumiendo o bien una barra de carbón. En ambos casos se trata de un conductor eléctrico para establecer el arco y mantenerlo. Cuando el electrodo es de carbón y se requiere material de depósito adicional, se debe proporcionar por separado con una barra o alambre metálico.

Hay, en uso común, una variedad de procesos de soldadura que emplean el arco eléctrico para obtener el calor para la soldadura y cada uno tiene su ventaja particular. Sin embargo, todos tienen un problema común que es el de la protección del arco. Si el arco y el charco de metal en fusión se exponen a la atmósfera durante la soldadura, el metal recogerá oxígeno y nitrógeno formando óxidos y nitruros en la solda

dura según solidifica ésta. Estas son impurezas que harán más frágil a la soldadura y la debilitarán. Los materiales usados para protección -- del electrodo pueden ser celulosa, rutilo, polvo de hierro o también gases inertes como helio, argón y anhídrido carbónico. Esta protección aísla eléctricamente al electrodo e impide las oxidaciones y otras contaminaciones ambientales, obteniéndose soldaduras de calidad.

Independientemente del proceso de soldadura utilizado, se distinguen tres sistemas de aplicación que son:

- Sistema manual. - Empleado por la soldadura de arco metálico protegido. Consiste en que el soldador lleva un maneral portaelectrodo que sujeta al electrodo recubierto para soldar. Dicho electrodo tiene una cierta longitud la cual se consume y es necesario cambiarlo constantemente.

- Sistema semiautomático. - Empleado por el proceso de soldadura con protección de gas y por el proceso de arco sumergido. Consiste igualmente en llevar un maneral o soplete para soldar pero la alimentación del alambre es constante, sin necesidad de renovar el electrodo.

- Sistema automático. - Empleado generalmente por el proceso de arco sumergido y ocasionalmente por el de protección de gas. En este sistema el portaelectrodo está fijo a un cabezal que se mueve en forma automática a lo largo de la unión y el alambre es alimentado constantemente. En este sistema, más que un soldador, es un operador el encargado de emplearlo.

La calidad de la soldadura efectuada en la fabricación, es responsabilidad del fabricante y él está obligado a proporcionar información y pruebas no sólo de los procedimientos de soldadura, sino también registros y pruebas de los propios soldadores que muestren su habilidad para emplear los procedimientos adecuadamente.

Ningún trabajo es aprobado sin antes haber aprobado el procedimiento para soldar y la calificación de soldador u operador, prescritos por la sección correspondiente a pruebas.

1.7.2 Tratamiento Térmico y Recocido.

Los aceros utilizados en la fabricación de la tubería, pertenecen al grupo P 1 del código ASME-VIII División 1 referente a la necesidad de precalentamiento y al tratamiento térmico posterior a la soldadura. Dichas necesidades dependen de un cierto número de factores como son: el análisis químico y grado de restricción de las partes por soldar, sus propiedades físicas y su espesor.

El tratamiento térmico y el recocido de atenuación de tensiones de tuberías es necesario para devolver la estructura cristalina original o aminorar las tensiones producidas por la diferencia de temperatura entre la zona de soldadura y las áreas adyacentes.

Todo ésto se hace con el fin de conservar las propiedades deseadas del metal tales como resiliencia, resistencia a la corrosión, etc.

Resiliencia es la propiedad elástica que poseen ciertos materiales tales como muelles. para recuperar su tamaño y forma después de la deformación, especialmente por esfuerzos de compresión.

Los tratamientos térmicos realizados en soldura son: precalentamiento, intermedio o durante operación.

El precalentamiento produce un enfriamiento más lento, con lo cual se consigue una soldadura más dúctil que puede contraerse a su posición fría sin que se produzca rotura. Esto ayuda a prevenir la formación de factores indeseables como son la fragilidad, el endurecimiento y la sensibilidad al agrietamiento. La temperatura normal de precalentamiento es de 200°C pero en muchos casos 95°C es suficiente.

El calentamiento intermedio se puede considerar como una continuación del precalentamiento; esta temperatura que se debe mantener durante la operación de soldadura es de unos 200°C normalmente.

Para tuberías, el precalentamiento se puede hacer por medio de un soplete de oxígeno-gas o de un sistema de calefacción eléctrico, bien por inducción o radiación.

Muchos materiales, especialmente cuando se trata de grandes espesores, requieren un tratamiento térmico posterior a la operación de soldar denominado de atenuación de tensiones o simplemente recocido. Este tratamiento produce una relajación de tensiones aparecidas en la zona de soldadura como consecuencia del fuerte calentamiento y del brusco enfriamiento que siempre acompaña a cualquier operación de soldadura. La temperatura y el modo de tratamiento térmico deben ser cuidadosamente seguidos para cada tipo de metal, ya que, por ejemplo una temperatura demasiado alta podría producir una considerable pérdida de resistencia a la fatiga dinámica. En el diseño de tuberías debe tomarse muy en cuenta el tratamiento térmico que se aplicará en la fabricación.

El tratamiento posterior a la soldadura se realiza en hornos de recocido en donde se introduce la pieza completa y se mantiene durante una hora a temperatura de 593°C . Cuando no se puede llegar a esta temperatura se permite disminuirla incrementando el tiempo de recocido.

En acero correspondiente al Grupo P 1 se requiere precalentar a 80°C mínimo, para aceros con un contenido de carbón mayor de 0.3 por ciento. Para todos los demás aceros de este grupo, la temperatura mínima debe ser de 10°C .

No es obligatorio el tratamiento térmico después de la soldadura de las piezas fabricadas con materiales del grupo No. P-1 cuando se tienen las siguientes condiciones:

- Cuando las placas tengan entre 32 y 38 mm de espesor incluido y se han precalentado a 90°C durante el proceso de soldadura.

Por lo tanto, los materiales A-285-C y A-516-70 utilizados en la fabricación de la tubería no requieren ser relevados de esfuerzos si se aplica el precalentamiento antes descrito en placas mayores de 32 mm (1 1/4").

Normalmente cuando se unen con soldadura dos metales con dife-

rente número de grupo P el precalentado que deberá hacerse será el mayor de los dos que se requieran. Este caso se presenta en las soldaduras entre tubería y conexiones como bridas y válvulas.

Para verificar la temperatura de precalentado se utiliza un lápiz térmico. Este lápiz está fabricado de un material preparado para que se derrita al contacto con la pieza precalentada, precisamente cuando ésta alcanza la temperatura deseada.

1.7.3 Secuencia y Procesos Utilizados en la Soldadura de la Tubería

Son más de 12 procesos de soldadura con arco eléctrico, establecidos por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) y aceptados por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) para satisfacer las normas de todas sus secciones. Sin embargo, los procedimientos más utilizados para soldadura de aceros al carbón en los espesores que comprende la tubería son los siguientes:

<u>Denominación</u>	<u>Identificación AWS</u>
a) Soldadura con electrodo metálico protegido (Shielded-Metal-Arc-Welding)	SMAW
b) Soldadura con electrodo metálico y protección con gas (Gas-Metal-Arc-Welding)	GMAW
y soldadura con electrodo metálico tubular relleno con fundente	FCAW
c) Soldadura de arco sumergido	SAW

El proceso elegido para la soldadura en taller y en campo se reporta a supervisión y al cliente con todos sus detalles además de proporcionar la calificación del procedimiento y de cada uno de los operadores y soldadores que intervengan en el trabajo.

Todas las soldaduras son de penetración completa y radiografiadas al 100%, es decir que no se admite ningún defecto.

Independientemente del proceso elegido la secuencia de soldadu-

ra es la siguiente (Ver figura No. 11):

1. - La superficie a soldar se limpia perfectamente. Debe quedar libre de escoria de corte, basura, humedad y aceite.

2. - Se aplica el primer cordón que se llama cordón de respaldo, el cual debe penetrar suficientemente en el metal base con el fin de que sirva de soporte a los siguientes cordones definitivos. Este cordón se aplica con soldadura tipo E-6010. Este electrodo está diseñado para -- producir soldaduras de gran penetración con excelentes propiedades me--
cánicas.

3. - En seguida se aplica, al lado del bisel, una serie de cordones definitivos con soldadura tipo E-7018 o similar. Este electrodo se ca--
racteriza por tener la misma resistencia que el material base y produ--
ce un arco muy estable de poco salpicamiento leve penetración y pue--
den obtenerse altas velocidades de depósito de soldadura.

Cada vez que se completa un nuevo paso de soldadura, debe lim--
piarse la superficie cuidadosamente con cincel y cepillo de alambre para
evitar la inclusión de escoria o basura.

Al efectuar cada uno de los pasos o cordones de soldadura, se cui--
dará de hacerlo con el mínimo de aportación térmica o sea sin exceder
amperaje y voltaje recomendados.

Los cordones rectos son más recomendables que los que se hacen
con ondulación del electrodo pues con este movimiento la aportación -
térmica es mayor.

La humedad tanto de la junta como de los electrodos es causa
de soldaduras defectuosas. Para evitarlo es importante que aunque no -
se requiera un precalentamiento se pase el soplete previamente a lo -
largo de la junta por soldar para eliminar totalmente la humedad. Los
electrodos deben mantenerse a una temperatura no menor de 150° C an--
tes de empezar a soldar, durante una hora. No debe efectuarse la ope--
ración de soldadura cuando la temperatura del metal base es menor de

10° C.

Para asegurar que el bisel quede completamente ahogado en soldadura y que el espesor de la junta sea por lo menos el de la placa base, se permite un abultamiento o corona en el cordón de soldadura como refuerzo en ambos lados de la placa.

Dicho refuerzo no debe exceder las siguientes dimensiones:

<u>Espesor de placa</u>	<u>Máximo abultamiento</u>
Hasta 13 mm incluido	2 mm
De 13 a 25 mm incluido	3 mm
Arriba de 25 mm	5 mm

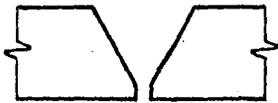
El refuerzo no es necesario quitarlo excepto cuando se ha excedido y pueda afectar por la diferencia de elongaciones durante el trabajo de la tubería o porque, en el caso de soldaduras longitudinales realizadas para complementar el desarrollo del tubo se presenten problemas durante el rolado. En síntesis, todo el material de soldadura aportado y que se eleva más arriba de las limitaciones establecidas, es considerado como refuerzo excesivo y por lo tanto es un defecto de soldadura; esto es en cualquier tipo de unión.

4. - El cordón de respaldo aplicado inicialmente tiene menor resistencia que el propio material base y por ello debe eliminarse completamente por el lado opuesto al bisel para posteriormente rellenar nuevamente ahora con soldadura tipo E-7018 (Figura 4).

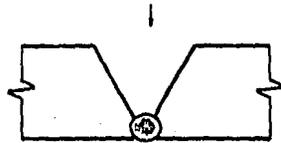
La eliminación del cordón de respaldo puede hacerse con esmeril o con arco eléctrico con electrodo de carbón y aire a presión (Arco-Aire). Con este último método se pueden cortar aceros al carbón, algunos aceros inoxidables, fundiciones y metales no ferrosos como el aluminio, cobre y latón.

Se pueden hacer cortes hasta espesores de 100 mm pero el costo es elevado. El procedimiento consiste en calentar y fundir el metal en el sitio de corte con ayuda del calor del arco, que surge entre el elec-

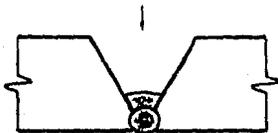
SECUENCIA DE SOLDADURA



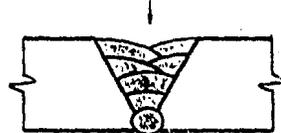
1- LIMPIEZA MECANICA DE LA JUNTA.
CARDA, CEPILLO DE ALAMBRE



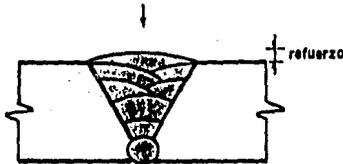
2- SOLDADURA DE RESPALDO (FONDEO).
CLASE AWS E-6010



3- PASO CALIENTE
CLASE AWS E-7018



4- RELLENO
CLASE AWS E-7018



5- CORONA (VISTA)
CLASE AWS E-7018



6- VACIADO, CON ARCO-AIRE, DE
LA SOLDADURA DE RESPALDO.



7- RELLENO
CLASE AWS E-7018



8- CORONA (VISTA)
CLASE AWS E-7018

trodo de carbón y el metal a cortar; en la separación instantánea del metal líquido, éste se desprende con ayuda de un chorro de aire comprimido. Mediante este procedimiento puede realizarse el corte separador y también el corte parcial o superficial del metal, lo cual es muy ventajoso y que es el caso del vaciado de la soldadura de respaldo. Este vaciado debe realizarse lo suficientemente ancho y profundo hasta encontrar las soldaduras sanas y definitivas E 7018 y que no quede indicio de la soldadura de respaldo E 6010.

5. - Se procede a rellenar el pequeño bisel formado, por el esmeril o por Arco-Aire, con uno o dos pasos de soldadura E 7018 como definitiva.

Con este último paso se concluye la soldadura de la junta. Posteriormente, al terminar completamente la soldadura de la pieza se procede a radiografiar al 100% sus juntas.

1.7.4 Descripción de Procesos de Soldadura

A. - Soldadura por Arco Metálico Protegido SMAW.

La soldadura por arco metálico protegido es con mucho, el método más ampliamente empleado de soldadura de arco. Con este método de soldadura se forma un arco entre la varilla de metal consumible y el metal base. El intenso calor del arco funde el electrodo y la superficie del metal por soldar. El material de relleno se obtiene de la varilla y de las partículas metálicas que contienen sus recubrimientos.

La calidad de la protección y del material de relleno varía con el diseño del electrodo. Tanto el recubrimiento, como el material de relleno, requieren de un estricto control tanto mecánico, químico y metalúrgico, como de sus características eléctricas.

Los recubrimientos son una fuente para la estabilización del arco eléctrico pues producen gases para eliminar el aire ambiente, proporcionan metal para alearse con la soldadura y la escoria necesaria para

proteger y ayudar a la operación del soldado.

Las ventajas de este proceso sobre los demás consiste en que el equipo es muy económico, ligero, fácil de operar y puede obtenerse en una gran variedad de capacidades. Los electrodos adecuados son fáciles de obtener.

El depósito promedio de soldadura por hora-hombre con este proceso es de 3.6 a 4.5 Kgs. en cualquier posición, pues consta, además, de una serie de operaciones accesorias que acompañan a la soldadura, tales como: tiempo de picado, de cepillado y cambio de electrodos.

Dos variables importantes en este proceso deben ser consideradas al seleccionar el electrodo apropiado para poder lograr una buena soldadura. La primera es el tipo de electrodo con respecto a su análisis y recubrimiento y la segunda, el diámetro del mismo.

La selección del tipo y diámetro se hace basados en el conocimiento de los puntos siguientes:

1. - La posición en que se soldará
2. - La calidad y el espesor del material por soldar
3. - La preparación del trabajo con respecto a su ajuste
4. - El tipo de corriente del que se dispone
5. - La clase de soldadura que se requiere, o sea penetración, calidad de acabado.

Tanto la AWS como ASME y ASTM tienen las mismas especificaciones y códigos para los electrodos. Las especificaciones AWS-A5.1 son para electrodos recubiertos de aceros medios, y para los electrodos de aceros de baja aleación: A 5.5 .

El Método General de Clasificación de electrodos consiste en marcarlos en la siguiente forma:

La primera marca de clasificación es la letra E, que significa Electrodo; los primeros dos o tres números dígitos que le siguen in-

**CARACTERISTICAS DE LOS ELECTRODOS PARA SOLDADURA MANUAL SMAW UTILIZADOS
EN LA TUBERIA:**

CLASE E-6010 (FONDEO)

Especificación: AWS A 5.1-78
ASME SFA 5.1

Posiciones: Todas (Plana, Horizontal, Vertical, Sobrecabeza)

Corriente: Continua

Polaridad: Inversa (Electrodo positivo)

Descripción: Este electrodo está diseñado para producir soldaduras de gran penetración con excelentes propiedades mecánicas. Se caracteriza por la potencia de su arco así como el rápido enfriamiento de su escoria, siendo fácil su uso en posiciones difíciles incluyendo vertical-ascendente y sobre cabeza. El depósito de soldadura es de altas cualidades físicas y mecánicas, ofreciendo mucha seguridad en caso de inspección radiográfica.

Aplicaciones: Es utilizado en la mayoría de trabajos generales de hierro dulce que requieren de depósitos resistentes y dúctiles. Algunas de las muchas aplicaciones de este electrodo son:

Tuberías	Embarcaciones	Acero Galvanizado
Purgones	Acero Estructural	Bastidores
Calderas	Hierro dulce	Tanques de almacenamiento

Análisis típico de depósito:	Carbono 0.10%	Manganeso 0.40%	Silicio 0.25%
-------------------------------------	------------------	--------------------	------------------

Propiedades Mecánicas:	Resistencia a la Tracción Kg/cm ² 4400-4900	Límite Elástico Kg/cm ² 3500-4300	Alargamiento en 5 cm %	
Rango de Amperaje recomendado: amp.	ϕ 1/8" 75-125	5/32" 110-170	3/16" 140-215	1/4" 210-320

CLASE E-7018 (RELLENCO)

Especificación: AWS A 5.1-78
ASME SFA 5.1

Posiciones: Todas (Plana, Horizontal, Vertical, Sobrecabeza)

Corriente: Continua o alterna

Polaridad: Invertida (Electrodo positivo)

Descripción: Este es un electrodo de bajo hidrógeno con revestimiento básico conteniendo polvo de hierro el cual le permite realizar uniones con excelentes propiedades mecánicas y alta eficiencia de depósito (120% aproximadamente, comparado el peso del alma del electrodo). El arco es sumamente estable con muy poco chisporroteo y la escoria es fácilmente desprendible. Como en el caso de todos los electrodos de bajo hidrógeno se recomienda mantener un arco corto.

Aplicaciones:	Tuberías de alta presión Aceros de alto contenido de azufre (Cold-rolled) Vagones de ferrocarril Dragas Maquinaria			Muelles Caldras Esclusas Grúas Plataformas
Análisis típico de depósito:	Carbono 0.09%	Manganeso 0.8%	Silicio 0.50%	
Propiedades Mecánicas:	Resistencia a la Tracción Kg/cm ² 5100-5400	Límite Elástico Kg/cm ² 4200-4500	Alargamiento en 5 cm %	22-28
Rango de Amperaje recomendado:	Ø 1/8"	5/32"	3/16"	1/4"
	amp. 100-140	140-190	190-250	260-340.

dican el esfuerzo mínimo de ruptura a tensión en miles de libras por - pulgada cuadrada del metal depositado en las condiciones especificadas. El tercer o cuarto dígito indica la posición en la que el Electrodo puede efectuar soldaduras adecuadas.

El No. 1 indica todas las posiciones y el No. 2 que deberá aplicarse en posición horizontal y plana. El No. 3 indica soldaduras planas únicamente. El siguiente número dígito indica la corriente que debe aplicarse y el tipo último de recubrimiento en el Electrodo.

Este método no mide todas las características de los Electrodo, pero sí las de mayor importancia.

B. - Soldadura de Arco Metálico con Protección de Gas GMAW.

Este es un proceso de unión de dos cuerpos por medio de un arco eléctrico que en su desarrollo produce una coacción de materiales entre el material de aporte (alambre consumible de alimentación constante) y la pieza de trabajo o material base.

La protección atmosférica del charco de soldadura se obtiene a través de gases inertes o semi-inertes. El gas para proteger el arco tiene que suministrarse con una fuente externa a través de una boquilla especial que lo distribuye alrededor del electrodo y directamente al arco eléctrico.

Este proceso puede ser semiautomático o automático y se utiliza principalmente en soldaduras de alta producción.

Con este proceso, escogiendo el gas de protección adecuado, material de aporte correcto y las condiciones de soldaduras apropiadas, se pueden soldar materiales como: acero al carbón, acero inoxidable, cobre, aluminio, aleación de níquel y magnesio.

El equipo utilizado en este proceso de soldadura está formado por:

- 1) Fuente de poder
- 2) Unidad de control

3) Fuente de alimentación con un sistema de conducción del alambre electrodo que lo jala y lo empuja a través de un tubo de contacto de cobre, instalado en el maneral que lo energiza y establece el arco de soldadura.

Los principios de operación son simples y cuando se respeten los parámetros de soldadura correctos.

4) Equipo de gas protector que puede ser estacionario (sistema automático) o colocado junto al equipo de soldadura (sistema semiautomático).

En general las ventajas que se obtienen con este proceso ya sea utilizando el sistema automático o semiautomático con respecto al proceso de soldadura con electrodo recubierto (manual), son:

a) Disminuye el tiempo de aplicación de soldadura pues se reducen al mínimo las paradas y arranques durante la soldadura (normal en soldadura manual en el cambio de electrodo).

b) Reduce el tiempo de limpieza de la unión. Utilizando alambre desnudo no se produce escoria y por lo tanto se elimina el tiempo de limpieza.

c) Aportación de menor número de pases en una unión.

d) Se utiliza en todas las posiciones y en casi todos los espesores.

e) Se obtiene una soldadura de alta calidad sin inclusiones de escoria.

f) Menor tiempo para el entrenamiento de soldadores.

g) Se eliminan las pérdidas de sobrantes de colillas de electrodos (normal en soldadura manual con electrodo recubierto).

h) Buena apariencia

i) Se obtiene un paso de fondeo fuerte y de mayor depósito.

j) Posibilidad de utilizar alambre desnudo o alambre tubular relleno de fundente.

A este mismo proceso de soldadura, pero utilizando alambre tubular relleno de fundente se le denomina FCAW. Con él se obtienen -- soldaduras de alta calidad a altas velocidades, pues el volumen de depósito por unidad de tiempo es mucho mayor que en los procesos GMAW utilizando alambre desnudo y SMAW con electrodo recubierto.

En el proceso FCAW puede o no eliminarse la protección atmosférica gaseosa, pero se produce escoria que implica limpieza mecánica.

Como en todos los procesos de soldadura con arco eléctrico, los gases protectores del arco tienen un doble propósito: proteger el arco y la zona de soldadura de la acción atmosférica y de proporcionar las características deseadas en el arco. Dependiendo de la reacción con los metales y la naturaleza de la junta, se emplea una gran variedad de gases apropiados en su caso.

El argón puro es un gas inerte que puede usarse en todas las soldaduras metálicas, excepto en el acero, que tiene que mezclarse con otros gases.

En el caso de placas de acero al carbón, los gases que se emplean en este proceso GMAW son el argón combinado con 1 a 5% de oxígeno, el bióxido de carbono solo y, en casos especiales, argón con 20 a 50% de bióxido de carbono.

En general puede decirse que estos dos procesos, GMAW y FCAW son los más eficientes. Con respecto al material depositado, se obtienen eficiencias entre 80 y 95%. En mano de obra las interrupciones en la soldadura, se hacen solamente por fatiga del soldador o por cambio de posición en soldadura, ya que el electrodo es alimentado continuamente, tanto en el sistema de aplicación automática como semiautomática.

Las especificaciones de los electrodos para el proceso de arco metálico con protección de gas GMAW, están en la sección 5.18 del AWS y ASME y en la 5.20 para el proceso de arco metálico relleno de fundente.

CARACTERISTICAS DEL ELECTRODO UTILIZADO PARA SOLDADURA AUTOMATICA GMAW

CLASE ER-70S-3

Especificación: AWS A-5.18-79
ASME SFA-A. 5.18

Posición: Todas
Corriente: Continua
Polaridad: Inversa (Electrodo positivo)

Descripción: Es soldadura de tipo micro alambre utilizada para trabajos de acero de bajo carbono en toda posición, mediante el proceso GMAW, empleando bióxido de carbono (CO₂) o mezclas de argón y oxígeno. Opera eficientemente con arco corto o tipo "spray", produciendo una soldadura densa, dúctil, libre de poros, buena apariencia y excelentes propiedades mecánicas.

Aplicaciones:	Estructuras	Tubería	Maquinaria
	Puentes	Dragas	Calderas
	Muelles	Grúas	Vagones

Análisis típico del depósito:	Carbono	Manganeso	Silicio
	0.10%	1.20%	0.60%

Propiedades Mecánicas (utilizando CO ₂ de protección):	Resistencia a la Tracción	Límite Elástico	Alargamiento en 5 cm
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	%
	5100-5400	4200-4500	22-27

C. - Soldadura de Arco Sumergido SAW

El proceso de soldadura con arco sumergido es la mejor opción entre todos los procesos de soldadura de arco, en posición plana y horizontal, en cuanto se refiere a velocidad, cantidad y calidad de material de depósito. Este proceso no requiere gran destreza manual de aplicación, como en el proceso de arco manual con electrodo recubierto y arco con protección de gas.

La óptima operación de este proceso está basada en los conocimientos de los parámetros de soldadura que son: amperaje, voltaje, velocidad de depósito de alambre, tipo de alambre y calidad del fundente.

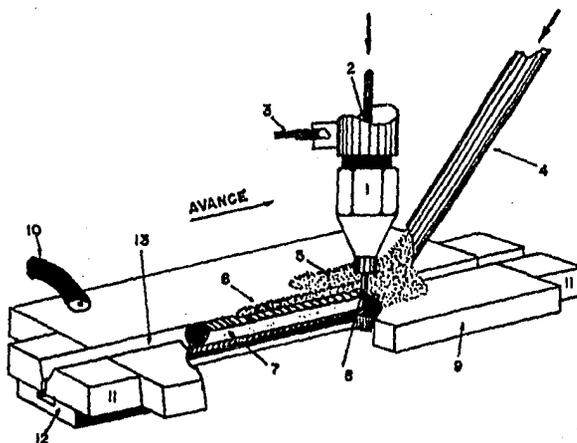
En este proceso SAW el arco eléctrico y el metal fundido están protegidos, desde su iniciación, por una capa de fundente que es lo primero en fundirse cuando el arco se establece, y por varias capas del mismo fundente en estado sólido y en forma granular. El material de aporte que se utiliza es el alambre desnudo y fundente. La labor de éste último es recubrir el arco y protegerlo de los agentes contaminantes de la atmósfera.

Bajo la fuerza del arco de soldadura, el fundente se derrite transformándose de polvo en escoria protectora del depósito, formando a su vez cordones lisos y libres de ondulaciones. La ventaja principal del arco sumergido es el poder aplicar cordones de soldadura, un 60 y 70% más rápido que la soldadura convencional (manual con electrodo recubierto). La razón de esta ventaja es el uso de corriente de operación alta que, por consecuencia, corresponde a una mayor velocidad de depósito de soldadura.

Otra ventaja es la economía de varilla de aportación a causa de la ausencia de pérdidas por evaporación, salpicaduras y sobrantes.

El proceso de arco sumergido puede aplicarse mediante los sistemas automático o semiautomático. La sección 5.17 del AWS y ASME se refiere a la clasificación de electrodos utilizados en Arco Sumergido. (Ver figura No. 12).

CORTE DE UNA OPERACION DE SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO (SAW) AUTOMATICA.



- 1.- BOQUILLA
- 2.- PAGO DEL ALAMBRE
- 3.- CABLE DE ALIMENTACION DE CORRIENTE
- 4.- TUBO DE ALIMENTACION DE FUNDENTE
- 5.- FUNDENTE NO FUNDIDO
- 6.- FUNDENTE FUNDIDO (ESCORIA)
- 7.- CORDON DE SOLDADURA
- 8.- ALAMBRE ELECTRODO
- 9.- MATERIAL BASE O PIEZA DE TRABAJO
- 10.- CABLE DE TIERRA
- 11.- TALON DE INICIO PARA CALIBRAR EL DEPOSITO
- 12.- SOPORTE INFERIOR
- 13.- BISEL EN 'Y'

FIGURA 12

1.7.5 Inspección Radiográfica

La inspección radiográfica tiene por objeto detectar las fallas o discontinuidades que pudieran presentarse durante la aplicación de soldadura por cualquiera de los procedimientos ya descritos, durante la fabricación y el montaje de la tubería.

Para la formación de una imagen radiográfica se requiere de tres elementos:

- 1) Fuente radiactiva
- 2) Objetivo
- 3) Película

El objetivo es factor importante ya que de él se obtendrá la imagen y en función de su densidad se tendrán los tiempos de exposición.

Ya que la radiografía es realmente una fotografía de sombras, es necesario la correcta aplicación de las reglas geométricas que intervienen en la formación de las sombras para poder definir con certeza los defectos en la película.

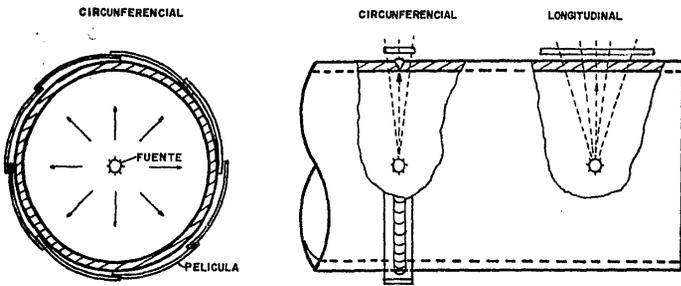
El equipo que se requiere es:

- Fuente radiactiva (rayos X o gamma).
- Película
- Números de plomo para identificar la película
- Penetrómetro
- Cable

Para hacer una clasificación de los defectos, se basa en lo crítico que puede resultar en la eficiencia de una unión soldada y enseguida se mencionan del más al menos crítico:

- a) Roturas
- b) Falta de fusión
- c) Falta de penetración
- d) Incrustaciones o líneas de escoria
- e) Socavados

INSPECCION RADIOGRAFICA



SISTEMA CUTZAMALA

B. ROBERTO CHAVEZ C.

FIGURA 13

REPORTE DE INSPECCION RADIOGRAFICA

REPORTE No 574 HOJA 1 DE 1

CLIENTE: SIMSA INSA No. PELICULAS 17" 1E M

OBRA: SISTEMA CUTZAMBAS FECHA: 4-JUNIO-1975

TECNICO: ALDO JIMENEZ CH. LUGAR: C.S.O. DE MEXICO

PIEZAS RADIOGRAFIADAS: UNIONES SOLDADURA CODIGO: ADME SEC. VII

FUENTE SR-192 PUNTO FOCAL 100" X 02" CURIES ó KV 30 D.F.P. 20"

IDENTIFICACION DE LA RADIOGRAFIA	% de Inspección	RESULTADO		DEFECTOS	OBSERVACIONES LUGAR DEL DEFECTO	
		BUENA	MALA			
T15-R66/T14 -	P. 1	100%	✓	P ₀		1
	2	"	✓	P ₀ SS ₀		2
	3	"	✓	P ₁		3
REP. 574	4	"	✓	P ₀ SS ₀		4
	5	"	✓	SS ₀		5
						6
						7
T15-R66/T16 -	P. 1	100%	✓	SS ₀		8
	2	"	✓	P ₀		9
	3	"	✓	P ₀		10
REP. 575	4	"	✓			11
	5	"	✓			12
						13
						14
T16-R66/T17 -	P. 1	100%	✓	P ₁		15
	2	"	✓	SS ₀		16
	3	"	✓	P ₀ SS ₀		17
REP. 576	4	"	✓	P ₀		18
	5	"	✓	SS ₀		19
						20
						21
PENETROMETRO						22
(10)						23
						24
RAMPA N°6						25
						26
WILLY D' ALLENDE						27
						28

NOMENCLATURA DE DEFECTOS

EN SOLDADURA

- CC Cubeta Roja
- CD Corbatería en la Base
- CE Doble Línea de Escoria
- CF Desplazamiento de las Placas
- CG Desplazamiento de la Soldadura
- CH Desplazamiento de los Tornos
- CI Falta de Limpieza
- CJ Falta de Fusión
- CK Falta de Penetración

- EL Inclusiones de Escoria
- LE Línea de Escoria
- P Porosidad
- PA Porosidad Aglomerada
- PC Porosidad Cáncerosa (Tuberos)
- PL Porosidad Lineal
- PE Porosidad Eléctrica (Huecos)
- PF Penetración Excesiva
- Q Quemadura

- X Rotura (Grieta)
- EE Rotura Extraña
- EEB Rotura Longitudinal en Soldadura
- EEC Rotura Transversal en Soldadura
- EEH Rotura en Metal Base
- EEI Rotura en Metal Base
- EEJ Rotura en Metal Base
- EEK Rotura en Metal Base
- EEH Rotura en Metal Base
- EEI Rotura en Metal Base
- EEJ Rotura en Metal Base
- EEK Rotura en Metal Base

EN FUNDICION

- A Gusa y Sopladuras
- B Inclusiones y Manchas de Arena
- C Contracción Interna
- D Desplazamiento en Caliente
- E Gristas
- F Falta de Fusión en Moldeo
- G Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- H Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- I Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- J Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- K Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- L Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- M Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- N Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- O Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- P Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- Q Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- R Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- S Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- T Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- U Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- V Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- W Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- X Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- Y Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)
- Z Falta de Fusión en Gaseosa (Cánceros)

Los números corresponden a la clasificación del defecto por su relevancia.

f) Quemaduras

g) Porosidad

Para conocer la tolerancia de los defectos hay que referirse a - las normas que se apliquen en cada caso en particular.

1.7.6 Fallas en Soldaduras Hechas por Arco Metálico

Las siguientes fallas se presentan al utilizar cualquier sistema y proceso de soldadura por arco metálico:

A. - Defectos Superficiales.

-a) Rotura Superficial:

Causa:

Fuertemente sujetas las partes por soldar

Su enfriamiento es muy rápido

El primer cordón es muy delgado

Mala preparación

Tipo de electrodo equivocado

Peligro:

Falla completa en la unión

Reducción en la resistencia

Los esfuerzos se aproximan al límite elástico

Debe removerse y volver a soldar

-b) Porosidad Visible:

Causa:

Contenido excesivo de azufre en el electrodo o en material base

Peligro:

Reducción de la resistencia

-c) Quemaduras:

Causa:

Iniciar el arco eléctrico accidentalmente sobre el metal

Peligro:

Roturas cuando el acero es baja aleación
El esfuerzo se acerca a la carga de fatiga

-d) Soldadura Traslapada:

Causa:

Falla en la manipulación del electrodo
Baja corriente y velocidad
Demasiado grande el depósito en un solo cordón

Peligro:

Reducción drástica de la resistencia

-e) Socavado:

Causa:

Corriente muy alta
Excesivamente recargado el electrodo sobre un lado
El ángulo del electrodo equivocado

Peligro:

Disminución de la sección del material base y consecuentemente la resistencia

-f) Perfil Incorrecto:

Causa:

Baja o alta corriente
Técnica de procedimiento incorrecta
Posición difícil o no hay accesibilidad
Baja velocidad

Peligro:

Depósito escaso o falta de resistencia
Depósito excesivo y reducción de ductilidad

-g) Orilla del Material Base Quemada:

Causa:

Electrodo muy grande
Mala manipulación

Peligro:

Disminución de la sección y por lo tanto de la resistencia

-h) Irregularidades en su Apariencia:

Causa:

Técnica del procedimiento de soldadura incorrecta

Falta de cuidado

Electrodo dañado

Interrupciones frecuentes al soldar

Cuando es máquina de combustión (moto-generador), arranque en frío de la máquina.

Peligro:

Reducción de la resistencia

Sensación de inseguridad por el defecto

B. - Defectos Internos.

-a) Penetración Incompleta:

Causa:

No hay posibilidad de que el electrodo llegue a la raíz de la --
unión (preparación deficiente)

Tamaño del electrodo, equivocado

Velocidad excesiva

Corriente baja

Esta falla es muy frecuente en uniones a tope carentes de bisel

Peligro:

Resistencia francamente abajo de la requerida

-b) Inclusiones de Escoria:

Causa:

Limpieza deficiente entre cordones

Superficies inicialmente sucias e irregulares

Cantidad de corriente equivocada

Peligro:

Se reduce la resistencia estática de la unión

Inclusiones pequeñas de forma esférica aisladas tienen poco efecto

Rotura súbita

-c) Falta de Fusión:

Causa:

Superficies sucias (óxido, grasa)

Limpieza deficiente entre cordones

Corriente baja

Velocidad alta

Peligro:

Reducción de el área de unión entre las piezas y consecuentemente la resistencia

-d) Porosidades:

Causa:

Alto contenido de azufre en el electrodo y en el metal base

Humedad en la junta o en el electrodo

Longitud errónea de arco

Polaridad equivocada

Peligro:

Poros dispersos tienen poca influencia en la unión

Porosidades grandes, burbujas o porosidades tubulares reducen la resistencia y el esfuerzo aumenta hasta muy cerca de la carga de fatiga

-e) Rotura Interna:

Causa:

La composición del material base no concuerda con el tipo de electrodo

Restringido el movimiento

Enfriamiento rápido

Alta velocidad de soldado

Muy pequeño el primer cordón

Tiempos muy grandes entre colocaci^{ón} de un cord^{ón} y otro, cuando se sueldan uniones con cordones múltiples

Peligro:

Falla completa de la uni^{ón}

CAPITULO II

MONTAJE

El trabajo de la instalación de tubería puede ser dividido en varias operaciones principales, como las siguientes:

1. - Transportación desde el lugar de fabricación.
2. - Distribución de la tubería en su lugar de instalación.
3. - Montaje, alineación y conformación de la tubería.
4. - Soldadura de Juntas.
5. - Instalación de registros hombre, bocanillas, válvulas etc.

Estas operaciones ocasionalmente pueden ser realizadas en desorden o simultáneamente unas con otras.

2.1 Transporte

Debido a que las uniones de soldadura en taller de fabricación resultan considerablemente de menor costo que las efectuadas en el campo, es importante procurar realizar el menor número de soldaduras en el montaje.

La limitante que se presenta en el transporte de esta tubería es - que por ser de gran diámetro no es posible acarrear al campo generalmente más de una pieza por envío, ya sea en tractor con plataforma o en tractor con cama baja. La longitud máxima que es posible transportar es de 12 m.

Otra limitante para el transporte de estas piezas es el peso, que aunque generalmente no excede de 25 toneladas por pieza, el montaje - se dificulta por los accesos al lugar de la colocación o a la incapacidad de los equipos para realizar las maniobras de carga y descarga y, ocasionalmente, es necesario fabricar o enviar piezas menores de 12 metros pero que permitan su fácil montaje.

Todo ésto se prevee desde el momento en que se cuenta con planos de montaje y accesos y se conocen las capacidades de carga de los equipos empleados en la instalación.

Durante la carga, el transporte y la descarga de la tubería es importante tener cuidado para no afectar su geometría o perjudicar la protección anticorrosiva con que cuentan las piezas.

El manejo de la tubería debe realizarse con extremo cuidado sin golpearse o rodarse y cualquier maniobra debe hacerse utilizando los elementos que cuenten con el debido rango de seguridad. Durante el transporte la tubería debe descansar sobre una superficie firme y ser ajustada debidamente con calzas y cadenas a la plataforma.

2.2 Distribución

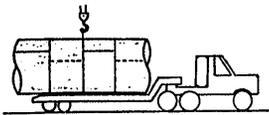
La tubería se distribuye de tal manera que se coloque lo más cercano posible al lugar del montaje para evitar movimientos innecesarios antes de su instalación. Inclusive es útil cuidar lo más posible, que en la descarga de las piezas, se tome en cuenta la posición en que debe quedar, de tal forma que en su instalación se eviten maniobras riesgosas como giros o rodamientos.

Igualmente es recomendable programar el envío de piezas del taller de fabricación a la obra para evitar movimientos falsos del equipo de descarga en el campo (Ver figura No. 14).

2.3 Instalación

La tubería de acero de este sistema está montada dentro de una cepa de 4 metros de ancho y de 4 a 10 metros de profundidad. Dicha cepa se localiza entre las plantas de bombeo y las torres de oscilación y sigue la topografía del terreno. Tiene pendientes ascendentes que van del 0 al 100%. Cuenta con un colado inicial de concreto ciclopeo con el fin de servir de apoyo a la tubería. La tubería se instala a unos 20-40

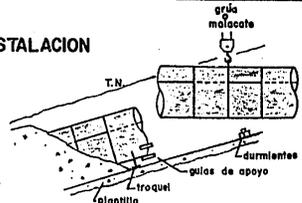
DIAGRAMA DEL PROCESO DE INSTALACION



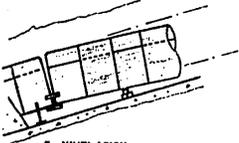
1.- TRANSPORTE Y DISTRIBUCION



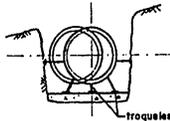
2.- SOPLETO CON ARENA
3.- PROTECCION ANTICORROSIVA INTERIOR



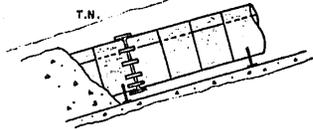
4.- MONTAJE DENTRO DE LA CEPA



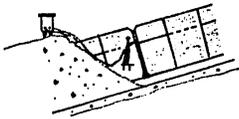
5.- NIVELACION



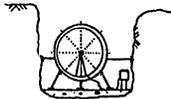
6.- ALINEACION
7.- TROQUELADO



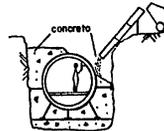
8.- CONFORMACION



9.- SOLDADURA DE CAMPO
MANUAL CON ELECTRODO RECUBIERTO
SMAW



10.- INSPECCION RADIOGRAFICA Y
REPARACION DE SOLDADURA



11.- LIMPIEZA MECANICA Y PROTECCION
ANTICORROSIVA INTERIOR Y EXTERIOR
DE JUNTAS Y PASILLO

FIGURA 14

R. CH.

centímetros sobre la plantilla y se apuntala y troquela con apoyos fabricados in-situ con recorte o desperdicio de placa.

Cuando la tubería ha sido instalada dentro de la cepa, se agrega un colado de concreto que cubre por completo a la tubería a 30 centímetros arriba del nivel superior de ésta. Este colado evita la vibración de la tubería durante el golpe de ariete y elimina las juntas expansivas pues proporciona una temperatura constante que evita que ésta reciba los rayos solares y mantiene a la tubería sin sufrir expansiones y contracciones longitudinales que podrían ocasionar una falla. Únicamente en los cambios de dirección se requiere el armado con acero de refuerzo, de un atraque o soporte de la pieza pues en estos puntos el impacto del agua incrementa los esfuerzos de trabajo de la tubería. El colado de plantilla, armado de atraques y segundos colados, no se incluyen en la instalación de la tubería.

Cuando se cuenta con un atraque colado con la pieza de tubería, ya sea un codo o un múltiple, se inicia el montaje de las piezas subsiguientes de cada tramo apoyándose precisamente en la pieza atracada. Para realizar el montaje, es importante contar con los accesos necesarios para los equipos que son grúas, tractocamiones, malacates y equipos de soldadura.

Los métodos de montaje son los tradicionales: con grúa al pie de cepa o con malacate en pendientes grandes y donde la grúa no tiene fácil acceso. El montaje a pie de cepa utilizando grúa, requiere de una plataforma o un camino firme para posicionar la grúa a la orilla de la zanja. Ocasionalmente es posible introducir la grúa a la cepa para realizar el montaje (Ver figura No. 15).

Las grúas utilizadas en el montaje de esta tubería tienen capacidades de 20 a 140 toneladas y, aunque las piezas más pesadas no exceden de 25 toneladas, el montaje se dificulta pues no siempre es posible posicionar la grúa lo suficientemente cerca de la cepa, por razones de

inestabilidad de los talúdes y la capacidad de las grúas disminuyen considerablemente a medida que inclinan hacia abajo su brazo de levante. La disminución en la capacidad de carga de una grúa dista mucho de ser proporcional a la disminución en el ángulo de posición de su brazo respecto a la horizontal y a esto contribuye el peso del propio brazo.

Toda maniobra realizada en el montaje debe planearse previamente por todas las personas que intervienen en ella. El montaje con grúa debe realizarse con el máximo de seguridad, revisando constantemente los equipos involucrados.

Consiste desde su inicio, en estrobar con cables de acero, la pieza de manera que al ser levantada adquiera una pendiente semejante a la del tramo en el cual será montada. La pieza debe ir debidamente venteadada con cable manila. La operación debe ser sencilla y dirigida exclusivamente por una persona a la vista de todos. Se debe procurar tener todos los elementos para recibir dentro de la cepa a la pieza que se está montando, como son: durmientes, troqueles, equipo de corte y soldadura.

El montaje de la tubería utilizando malacate es necesario cuando no existe acceso para una grúa o un tractor y la pendiente es pronunciada. Para ello es necesario introducir el malacate a la cepa y obtener un tirón directo o colocarlo fuera de ésta utilizando derivaciones mediante poleas para cambios de dirección. Se recomienda que la capacidad de tirón del malacate sea de por lo menos el peso de la pieza de tubería que se va a montar, aunque éste esté disminuído por encontrarse apoyado sobre la rampa.

Se debe procurar colocar el malacate en una posición nivelada y evitar accesorios de derivación que incrementen los posibles puntos de falla y ocasionen un accidente.

Para realizar el montaje con malacate es necesario colocar una vía a lo largo de toda la rampa en donde se monte la tubería. Sobre es-

ta vía desliza un carro de lanzamiento que sirve de cama para la pieza que se va a montar. La colocación de los rieles de la vía sobre la plantilla de concreto debe ser segura. Para ello se ahogan, en el momento del colado de la plantilla, unas pequeñas anclas metálicas a las cuales se sueldan los rieles de la vía. El carro-cama de lanzamiento debe tener en su parte superior, la forma de la pieza que se va a montar.

La operación consiste en colocar, mediante una grúa, el tubo -- frente al malacate y sobre el carro de lanzamiento. En seguida se engancha el cable del malacate con el tubo y se procede a deslizarlo cuesta abajo hasta apoyar con la pieza ahogada en el atraque o la última pieza montada.

Se deben seguir las mismas recomendaciones de seguridad que en el montaje con grúa.

Cuando la pieza ha llegado al final del lanzamiento, se procede a retirar el carro de lanzamiento. Para ello es necesario levantar la pieza del carro utilizando gatos y liberar el carro para un nuevo lanzamiento.

Después de que la pieza o el tubo se apoyó sobre la pieza atracada, se procede a alinear y conformar.

La alineación de la pieza se realiza con aparatos topográficos. La tolerancia en desalineamiento y desnivel es de 3 milímetros. Para conseguir esta posición, el montador utiliza gatos, troqueles, durmientes y malacates manuales que le permiten calzar el tubo y fijarlo contra las paredes de la cepa. Simultáneamente con la alineación se realiza el conformado. Este consiste en apañar las paredes del tubo recién montado con las del tubo o pieza anterior. Se debe tomar en cuenta la separación de 3 mm que debe haber en las juntas para efecto de penetración de soldadura. La tolerancia en el apañado de las paredes de los tubos es de 3 milímetros. Con esto se evita fricción excesiva en las juntas que provoca turbulencia y pérdidas en el sistema.

**PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE
PERFIL**

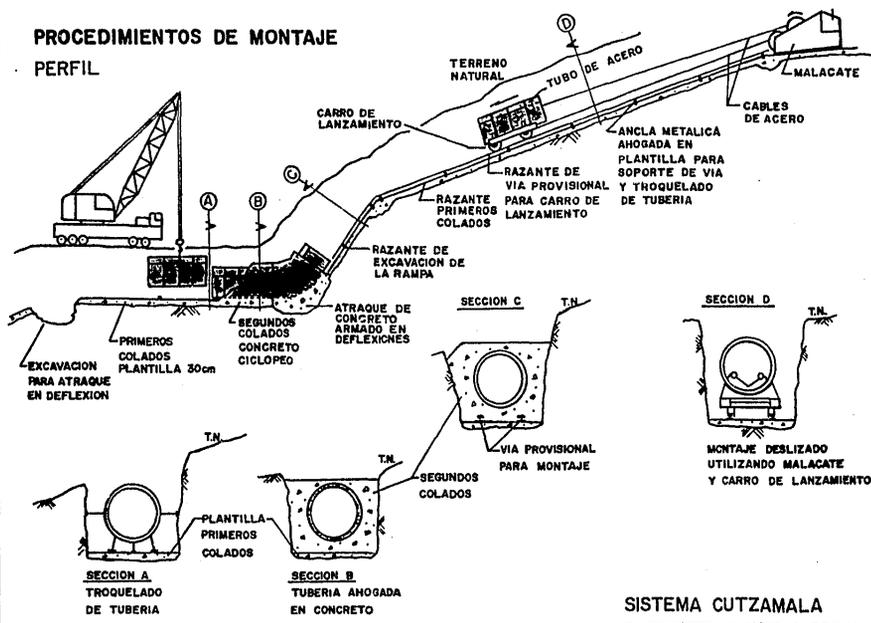


FIGURA 15

**SISTEMA CUTZAMALA
B. ROBERTO CHAVEZ CARDONA**

La soldadura de campo se realiza con electrodo metálico recubierto. La simplicidad del equipo para este procedimiento facilita la soldadura en lugares de difícil acceso. Definitivamente no es recomendable utilizar el procedimiento de arco metálico con protección de gas, pues en el campo existen corrientes de aire que provocan que el gas no cumpla con su función de protección y se obtengan soldaduras de baja calidad. Así mismo, es imposible emplear el procedimiento de arco sumergido pues éste únicamente suelda en posición plana y horizontal.

Como se muestra en el dibujo de detalle de fabricación, en las bocas de cada tubo se prepara la junta de tal forma que en la media circunferencia inferior, el bisel sea interior y en la media circunferencia superior el bisel sea exterior. Con esto se logra que el depósito de soldadura realizada en campo se efectúe lo más posible en posición plana. En esta posición el depósito de soldadura por unidad de tiempo y la facilidad de soldado es mayor y, por otra parte, la presencia de defectos es menor.

2.4 Equipo

El equipo empleado en el montaje de esta tubería es el siguiente:

Equipo Mayor

- Tractor con plataforma para 30 ton. y tractor con cama-baja para 50 ton, para transporte y distribución de la tubería.
- Grúa estructural, montada sobre camión, de 140 ton. de capacidad.
- Grúa estructural montada sobre camión, de 70 ton, de cap.
- Grúa hidráulica de brazo telescópico, montada sobre camión, de 60 ton. de cap.
- Grúa hidráulica de brazo telescópico, tipo omega, de 20 y 40 ton. de cap.
- Malacate para maniobra, estacionario de doble tambor, con motor diesel, de 80 ton. de cap.

- Malacate para maniobra, estacionario de un tambor, con motor --
eléctrico, de 40 ton. de cap.

- Traxcavo sobre orugas de 2.5 m3. de cap.

Equipo Menor

- Cable de acero y manila

- Poleas

- Equipo de oxicorte

- Equipo de soldadura de 400 amperes.

- Gatos de 20 a 50 ton. hidráulicos y de escalera.

- Malacate portátil manual de 1 a 3 ton. de cap.

- Esmerilador portátil.

- Durmientes

- Troqueles

- Equipo Arco-Aire

- Compresor de 30 P. C. M. , con motor eléctrico (para el proceso
Arco-Aire).

CAPITULO III

PROTECCION ANTICORROSIVA DE LA TUBERIA

La tubería sepultada en concreto, ya sea de acero o hierro colado, está sujeta a un deterioro externo e interno como resultado del contacto con el propio concreto y con el fluido. Este deterioro puede, sin embargo, ser prevenido o minimizado con una debida protección.

Bajo ciertas condiciones severas, el interior de una tubería para agua está sujeto a elementos dañinos que llegan inclusive a reducir su capacidad de acarreo.

El deterioro del interior de la tubería puede ser prevenido o reducido por una capa de pintura protectora y/o un tratamiento al agua, tal como la adición de pequeñas cantidades de cal viva u óxido de sodio para controlar la alcalinidad y la cantidad de bióxido de carbono contenido en ésta.

En base a investigaciones respecto al deterioro interior y exterior de tuberías, se comprueba que el espesor del metal de la pared de la tubería debe ser únicamente el necesario para soportar presión interna y externa a la que estará sujeta o a cualquier sobre-presión accidental que pudiera ocurrir y que no es necesario estimar un espesor mayor para prevenir corrosión si la pared puede ser protegida por una cubierta debidamente diseñada y aplicada para este propósito.

En el caso de tuberías sepultadas en suelos erosivos, la protección exterior es de mayor importancia que la interior. Tuberías para aceite, gas y aire, no requieren protección interior; pero en el caso de tuberías ahogadas en concreto, para el acarreo de agua, la protección exterior no merece mayor atención que una somera limpieza mecánica y una mano de pintura esmalte anticorrosiva comercial por aspersión.

Los requerimientos fundamentales de una protección interior satisfactoria son:

a) La cubierta debe ser químicamente inerte con el fin de que sus características permanezcan inalteradas. En este caso de acarreo de agua, es necesario que sea insoluble para no imprimirle sabor, olor, ni color al agua.

b) Debe mantener un contacto íntimo con la superficie del tubo - que protege.

c) Debe adherirse fuertemente al metal a cualquier temperatura de trabajo.

d) Debe ser capaz de resistir deformaciones en el tubo sin agrietarse ni estrellarse.

e) Cuando se cuente con el equipo indicado, debe ser de fácil aplicación.

f) Debe ser de un costo razonable.

El deterioro natural del metal de una tubería para acarreo de agua, se debe a la corrosión química y bacteriológica. Para seleccionar un recubrimiento óptimo es importante considerar:

- 1) El medio ambiente o condiciones de exposición.
- 2) Preparación de la superficie.
- 3) Aplicación.
- 4) Inspección.

Recomendaciones

1) De acuerdo a las condiciones de exposición, es necesario conocer las características del recubrimiento, tales como:

- Adhesión
- Contenido de sólidos
- Resistencia química

- Rendimiento
- Mantenimiento
- Costo

2) La preparación de la superficie estará en función del grado de limpieza requerido. La superficie debe de estar totalmente limpia y -residuo de grasa, aceite o materiales extraños.

Para el acero, existen tres grados de limpieza:

- a) Por sopleteo de arena: Limpieza a metal blanco
 - Limpieza comercial
 - Limpieza ráfaga
- b) Mecánica-manual
 - Cepillos
 - Rasquetas
- c) Química

3) El proceso de aplicación está en función de la consistencia del recubrimiento y del lugar donde se debe aplicar.

Se utiliza equipo de aspersion, brocha, espátula, rodillo, manual y de inmersión cuando se requiera.

4) La inspección comprende la preparación de la superficie, el -proceso de aplicación y verificación de la cubierta aplicada que debe -cumplir con estándares establecidos como espesor de película, adhe--sión, porosidad, etc.

La protección interior de esta tubería consiste en:

1. - Limpieza inicial para eliminar carbón, grasa, escoria de los cordones de soldadura, puntos cortantes, tierra, etc.
2. - Limpieza con sopleteo de arena (Sand Blast) al grado metal -blanco. Se realiza con arena de río completamente seca, cernida en -

malla # 60-80.

Las superficies con esta limpieza son susceptibles a una oxidación rápida por lo que debe protegerse rápidamente con el recubrimiento y no ejecutarla en días nublados o lluviosos. Se elimina el polvo residual del sopleteo con cepillos de cerda y se utilizan extractores de polvo cuando se requiere.

3. - Inmediatamente después del procedimiento anterior, se aplica, por aspersión, una capa de Primario Anticorrosivo Inorgánico de Zinc para ambientes húmedos y salinos en 2 a 3 milésimas de pulgada de espesor de película seca (Especificación Pemex RP-4 tipo B). Se requiere un mínimo de curado de 72 horas antes de aplicar la pintura de acabado.

4. - Aplicación de dos manos de acabado duro del tipo Epóxico de Altos Sólidos (Especificación Pemex RA-26). La primer mano es de 3 milésimas de pulgada de espesor, de película seca. La segunda mano complementa a 7 milésimas y se aplica 24 horas después de la primera mano.

Este recubrimiento es recomendado además, para ambientes marinos, sobre la superficie del mar e instalaciones expuestas a brisa constante.

El equipo utilizado para el recubrimiento anticorrosivo es el siguiente:

- Compresor portátil de aire, de por lo menos 250 pies cúbicos por minuto.
- Olla para Sand Blast con capacidad para 300 litros de arena.
- Pistola para Sand Blast.
- Pistola para pintura
- Carretillas, palas, mangueras, areneros, lonas y equipo de seguridad personal.

La operación de pintura exterior se realiza en el Taller de Fabri

cación y la pintura interior se realiza en campo, en un lugar cercano al montaje, con el fin de no estropear la pintura durante el transporte del tubo y evitar que los polvos, producto del Sand Blast, perjudiquen a la maquinaria y el equipo del taller.

La protección interior comprende la longitud del tubo, exceptuando una franja circunferencial de aproximadamente 40 centímetros en cada boca del tubo, con el fin de que la pintura no se estropee al tiempo de aplicar la soldadura entre tubo y tubo durante el montaje. Dicha franja es posteriormente limpiada con chorro de arena y pintada en la misma forma en que el tubo fué pintado.

Igualmente es necesario pintar exteriormente la franja adyacente a la soldadura circunferencial de campo, para evitar corrosión.

CAPITULO IV

SUPERVISION, ESPECIFICACIONES Y PRUEBAS

4.1 Supervisión

La labor de supervisión de tubería del sistema incluye desde el momento en que la placa es recibida en el taller de fabricación hasta la propia operación del sistema y las visitas periódicas a las instalaciones.

Esta supervisión la lleva a cabo el Instituto Mexicano del Petróleo. El objetivo de ésta es cuidar que tanto los materiales como los procedimientos de fabricación, montaje y protección anticorrosiva se lleven a cabo de acuerdo a normas y estándares que la Comisión de Aguas elige en el momento del diseño del sistema.

Para poder llevar a cabo la inspección, el fabricante tiene la responsabilidad de proporcionar al Inspector toda la información específica que se le solicite; asegurar el control de calidad, la inspección detallada de las pruebas requeridas ejecutadas en las diferentes etapas de la construcción y, en general, toda la información que requiera para poder entender claramente el problema.

Esta información sin ser limitada incluye:

1. - Los dibujos de diseño
2. - Los reportes y certificados de calidad del fabricante de los materiales. Todos estos materiales deben satisfacer las especificaciones tanto en lo que se refiere a la calidad de las placas como de los materiales para soldar, las piezas de fundición y de tubería, las bridas y conexiones atornilladas.
3. - El acceso del inspector a aquellas partes del taller que estén fabricando las piezas que forman la tubería e informarle del progreso del mismo para la secuencia de sus inspecciones.
4. - Evidencia de que el material ha sido revisado en sus defectos y espesor apropiado.

5. - Documentación de la prueba de impacto si se hace necesaria.

6. - Evidencia del correcto trazo y corte de la piezas que forman la tubería.

7. - Examinar el formado de las secciones roladas para confirmar que hayan sido hechas apropiadamente.

La supervisión verifica el perfecto rolado de cada pieza, asegurándose que se encuentre de acuerdo a la plantilla o cercha correspondiente a lo ancho y largo de todo el desarrollo.

8. - Calificación de los procedimientos de soldadura. Cada procedimiento de soldadura que se emplee en la fabricación y en el campo, debe ser explicado por escrito detalladamente por el fabricante. En él se incluyen todos los datos sobre los materiales por soldar, los materiales de aporte, la secuencia de pasos, el precalentamiento y el tratamiento térmico y los resultados de las pruebas ultrasónicas, radiográficas y físicas de una probeta.

El fabricante debe ordenar las pruebas requeridas para calificar el procedimiento de soldadura que utilice en su fabricación. El grupo de inspección debe revisar que toda soldadura realizada esté de acuerdo con los procedimientos predefinidos.

9. - Calificación de los soldadores y operadores. El fabricante debe mantener un informe de los soldadores y operadores que hacen los trabajos de soldadura, anotando la fecha y resultado de su prueba con la marca asignada a cada uno. Estos informes deberán estar certificados por el fabricante y a disposición del inspector.

El 100 % de las uniones soldadas deben ser sometidas a inspección radiográfica. Cuando se observen grietas o fisuras en las placas que forman la tubería o en las uniones soldadas, debe limpiarse la superficie adecuadamente y realizarse una prueba con materiales penetrantes o radiográfica para determinar la extensión de la fisura y a -

juicio del supervisor se procede a reparar o a reemplazar la pieza defectuosa.

El inspector debe revisar que el refuerzo de soldadura sea el correcto. Nunca debe soldarse cuando las partes por soldar estén mojadas; tampoco cuando esté lloviendo ni cuando haga fuerte viento, salvo que la junta y el soldador u operador sean cubiertos adecuadamente. No deberá soldarse cuando la temperatura del metal base sea menor de 10°C. Así mismo él debe cuidar que se lleve a cabo el precalentamiento en donde sea necesario a lo señalado en la sección 1.7.2 de esta tesis.

Estas precauciones se aplican tanto en el taller de fabricación como en el lugar de instalación de la tubería.

10. - Reportes de los tratamientos térmicos y de las radiografías que se tomen proporcionando los resultados.

11. - Evidencia del alineamiento y nivelación correcta de cada pieza instalada, así como de la conformación de las juntas de campo.

12. - Evidencia de la correcta aplicación de la protección anticorrosiva interior y exterior. No debe aplicarse ninguna pintura ni material extraño en el lugar donde se aplicará la soldadura, sino hasta después de ser aplicada y radiografiada. Se debe verificar que la limpieza con sopleo de arena sea uniforme y hasta conseguir el grado máximo que es el metal blanco.

El inspector debe verificar espesores de capas de pintura así como checar tiempos entre las aplicaciones de ésta.

Finalmente, se debe revisar la pintura terminada, verificando los espesores y observando a fin de detectar burbujas e imperfecciones y ordenar su reparación.

4.2 Especificaciones

Las normas principales que rigen el control de calidad en mate

riales y la Industria de la Soldadura, son:

ASTM - Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

ASMT - Sociedad Americana de Pruebas No-Destructivas

AWS - Sociedad Americana de Soldadura

ASME - Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos

API - Instituto Americano del Petróleo

ANSI - Instituto Americano de Estándares Nacionales

Cada norma es aplicable para el control de calidad según los di se ños de fabricación y cada una de ellas presenta varias secciones en las cuales se tratan los diseños, fabricación, mano de obra y control de calidad particular.

Se pretende dar una información general de las especificaciones de la aceptación o rechazo de los materiales, el tipo de inspección por medio de pruebas no-destructivas y destructivas más recomendables - para cada defecto o tipo de material, las características de los recubrimientos en electrodos de acero al carbón y de baja aleación, la clasificación de defectos del tipo de fusión que más comúnmente aparecen en las uniones soldadas, causas por las que se presentan y cómo evitar las, las obligaciones de un inspector, las del fabricante, clasificación de soldadores y procedimientos de soldadura.

Desde luego que es necesario consultarlas para definir todos - los aspectos involucrados en cualquier trabajo de este tipo.

ASTM Sección IV A-20

Se refiere a los requerimientos comunes aplicados a las placas producidas para la fabricación de depósitos y conducciones a - presión y calderas.

ASTM Sección IV A-435

Estándares y procedimientos para la inspección ultrasónica de placas de acero (Véase 1.2 de esta tesis)

ASTM Sección IV A-285

Placa de acero soldable utilizada en recipientes y conducciones a presión (Véase 1.1 de esta tesis)

ASTM Sección IV A-516

Placa de acero soldable utilizada en recipientes y conducciones a presión con alta flexibilidad a bajas temperaturas (Véase 1.1 de esta tesis)

ASTM Sección IV A-330

Especificaciones para la realización de pruebas físicas a probetas de materiales y preparaciones de soldaduras como son Flexión, Doblez, Impacto y Dureza.

ASNT

Especificaciones para la realización de pruebas no-destructivas a materiales y preparaciones de soldadura como Ultrasonido, Radiografía, Métodos de Líquidos Penetrantes y Partículas Magnéticas.

AWS A-5

Esta sección da las normas de calidad en soldadura que debe cubrir el metal de aporte (electrodos recubiertos y desnudos), fundentes para procesos automáticos, gases y mezcla de gases donde la protección es por este medio (GTAW y FCAW).

Trata en forma particular cada uno de los elementos del metal de aporte, dando sus características físicas (porcentaje de alargamiento, carga máxima de límite de fluencia y carga máxima a la ruptura), sus características químicas en porcentaje (carbón, azufre, fósforo, etc.), sus características eléctricas (corriente, voltaje, polaridad y amperaje requeridos en función de sus diámetros o procesos que se vayan a utilizar, dando tam

bién una orientación de su empleo, cuándo y dónde utilizarse en forma generalizada).

También indica el número y tipo de pruebas físicas y químicas, así como la forma de llevar a cabo la preparación de las probetas de metal de aporte, para que en función de los resultados de los ensayos, certificar la calidad del material de aporte por comparación con las tablas especificadas en esta sección para cada tipo de electrodo.

AWS B-5

Marca las normas para la tolerancia en variables respecto a la utilización de procedimientos de soldadura y a los tipos y posiciones de pruebas en probetas.

AWS D 1.1 (Sección 7 y 8)

Esta sección da las normas a seguir para el control de calidad en uniones soldadas, en la construcción de edificios y estructuras tubulares.

ASME Sección V - 435

Se refiere a las normas para el ultrasonido de las placas para la fabricación de esta tubería.

ASME Sección VIII

Esta sección da las normas a seguir para la aceptabilidad e inaceptabilidad de defectos en cordones de soldadura de recipientes a presión no sometidos a fuego directo, como es el caso de esta tubería (Véase 1.7.5 de esta tesis).

ASME Sección IX

Esta sección se refiere a las normas a seguir para llevar a cabo la calificación de procedimientos de soldadura y habilidad de los operadores de máquinas soldadoras y soldadores para todos

los tipos de proceso de aplicación de metal. Indica la forma para llevar a cabo la preparación de las probetas, el número y el tipo de prueba (tensión, dureza y dobléz), para elaborar los certificados de aprobación o rechazo de las mismas en función de los estándares establecidos en esta sección, tanto para procedimientos de aplicación de metal de aporte, como habilidad de operadores y máquinas.

API - 620

De acuerdo a estas normas las uniones a radiografiar deben ser por regla general, empates a tope y de penetración completa, - ya sea por muestreo o al 100% como es el caso de la inspección de esta tubería.

ANSI B-31.1

Esta especificación se refiere al criterio para radiografiar una soldadura. Consiste de los mismos términos de la especificación API - 620.

ANSI B-31.3

Este código prescribe los requerimientos mínimos de los materiales, designación, fabricación, ensamble, pruebas de inspección de sistemas de tuberías sometidas a vacío y presión.

4.3 Pruebas Finales

Después de que la tubería ha sido instalada, y antes de que sus uniones críticas sean cubiertas por concreto, ésta es probada para checar la seguridad de sus juntas. Esta prueba puede realizarse en toda la línea o en tramos seccionados de ésta. Este último método es generalmente adoptado cuando existen válvulas que permitan independizar los diferentes tramos que constituyen la totalidad de la línea, como en el caso del Sistema Cutzamala.

En las líneas que no cuentan con válvulas se puede realizar la prueba parcial instalando temporalmente cabezas ciegas o tapas al final del tramo a probar, asumiendo que después serán removidas. - Cuando se realizan las pruebas en líneas que cuentan con juntas de expansión, las terminales deben bloquear de tal manera que prevengan que la presión empuje a la tubería y la separe en estas conexiones.

4.3.1 Prueba Hidrostática

La tubería o un tramo de ésta es llenada completamente con agua asegurándose que el aire contenido en ella sea evacuado completamente. Enseguida se procede a revisar visualmente las juntas con el fin de encontrar fugas o goteos. Si no se encuentra fuga, se permite que el agua permanezca estancada durante algún tiempo, generalmente 24 horas, y al final se verifica que el nivel de agua no haya descendido.

4.3.2 Prueba Hidrostática bajo Presión

Después de que la tubería cumple satisfactoriamente con la -- prueba anterior, se realiza la prueba bajo presión. Para ello, se conecta y se opera un sistema de prueba en el tramo seleccionado hasta conseguir la presión requerida, la cual es de una vez y media la presión de trabajo nominal. Igualmente se permiten 24 horas para detectar una disminución en la presión, causada por una fuga y en su caso se procede a localizar y reparar.

El goteo que puede permitirse en una instalación de tubería de este tipo depende de la calidad de juntas realizadas y de la longitud de cada pieza o tubo que componen la línea. Como en el caso de la tubería para el Sistema Cutzamala, todas las placas que intervienen en la conducción a presión son ultrasonadas rigurosamente y las juntas de soldadura de taller y campo son radiografiadas al 100%, la seguridad de no encontrar fugas o goteos durante las pruebas es muy amplia.

Los goteos ocurren generalmente en las conexiones bridadas con válvulas, registros o con las bombas, y su reparación es sencilla.

ESPECIFICACIONES PARA EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA
(WPS)

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA No. 3

PROCESO (S) DE SOLDADURA SAM Y SMAM

TIPO (S) AUTOMATICA Y MANUAL

CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA No. _____

JUNTA

DISEÑO EN V A 60° 3 mm HOMBRO; 3 mm RAZ MATERIAL DE RESPALDO RONDEO E-6010

MATERIALES BASE

P. No. 1 GPO. 1 ESPEC. A-285-C P. No. 1 GPO. 1 ESPEC. A-285-C

RANGO DE ESPESOR 3/8" - 1 1/2" OTROS NO

METAL DE APORTE

F. No. 6 OTROS A A. No. 1 OTROS NO

ESPEC. No. SPA 5.17 Y SPA 5.1 AWS No. E60-12

DIAMETRO DE ELECTRODO 5/32" FUNDENTE E 60
INCERTO

POSICION

POSICION DE LA RANURA 1 0

CORDON RECTO u ONDULADO RECTO

OTROS NO

LIMPIEZA INICIAL Y DE INTERPASOS _____

..CEPILLO - CINGEL - ESMERIL

PRECALENTAMIENTO

TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO NO

TEMPERATURA DE INTERPASEO _____

PASOS SIMPLES O MULTIPLES 1

ELECTRODO SENCILLO o MULTIPLE _____

GAS

GAS DE PROTECCION NO

GAS DE RESPALDO _____

% DE COMPOSICION _____

RANGO DE FLUJO _____

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR
A LA SOLDADURA

RANGO DE TEMPERATURA .. NO

RANGO DE TIEMPO _____

SOSTENIMIENTO _____

CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS

CORRIENTE DIRECTA POLARIDAD INVERTIDA AMPERAJE 110 - 600

VOLTAJE 24 - 35 OTROS _____

ELABORADO _____ REVISADA _____

FECHA DE EDICION _____ FECHA DE REVISION _____

REVISION No. _____

ANEXO

FORMA DE LA RANURA

ACOTACIONES EN MILIMETROS

PASO	Ø ELECTRODO	CORRIENTE DE SOLDADURA		VELOCIDAD DE SOLDA- DURA CM/MIN	DETALLE
		AMPERES	VOLTS		
1 SMAY	1/8" E6010	110-170	24 - 30	15 - 20	
2 SMAY	5/32" E7018	150-220	24 - 30	20 - 25	
3 SAW	5/32" EM - 12	350-600	25 - 35	10 - 25	
4 SAW	5/32" EM - 12	350-600	25 - 35	10 - 25	
5 SAW	5/32" EM - 12	350-600	25 - 35	10 - 25	
6 ARCO AIRE	1/4"				
7 SMAY	5/32 E7018	150-220	24 - 30	20 - 25	

REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS

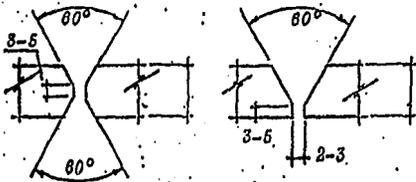
(PQR)

Registro de calificación del procedimiento No. 2 Fecha 8-I-86.

WPS No. Procesos de soldadura SAW, SWAW Tipo AUTOMATICA Y MANUAL

JUNTAS.-Diseño de ranuras

METALES BASE (QN-403)



Espec. de materiales A-285

Tipo o grado C

P. No. 1 a P. No. 1

Espesor 3/8" - 1 1/2"

Diámetro

Otros

METALES DE APORTE (QN-404)

POSICION (QN-405)

Análisis del metal de soldadura

Posición de la ranura 1G y 1G ROTADA.

A. No. 1

Progresión HORIZONTAL

Calibre del electrodo 5/32"

Otros

Metal de aporte F No. 6

PRECALENTAMIENTO (QN-406)

Especificaciones SFA 5.17

Temp. de precalentamiento NO.

Calificación AWS E60 - EN12

Temp. de los pasos sucesivos

Otros E7018 5/32"

Otros

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR (QN-407)

GAS (QN-408)

Temperatura NO

Tipo de gas (es) NO

Tipo

Composición de mezcla

Otros

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QN-409)

TECNICA (QN-410)

Corriente DIRECTA

Cordones rectos y oscilantes RECTOS

Polaridad INVERTIDA

Oscilación NO

Amp. 400 - 700 Volts 25 - 35

Uno o varios cordones VARIOS

Velocidad de avance 12" /min.

Un electrodo o varios UNO

Otros

FORMA DE LAS PRUEBAS PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DESOLDADURA

EMPRESA _____ FECHA 17 DE ENERO DE 1986.
 ESPECIFICACION No. 3 PROCESO DE SOLDADURA SAW Y SMAW

PRUEBAS DE TENSION DE SECCION REDUCIDA

PROBETA No.	DIMENSIONES		AREA mm ²	CARGA DE RUPTURA Kg.	ESFUERZO DE RUPTURA Kg./mm ²	OBSERVACIONES DE LA FALLA
	ESP. mm.	LONG. mm.				
1	19	38.1	723.9	36267	50.10	A 2.2 Cms. DEL CENTRO.
2	19	38.1	723.9	35275	48.73	A 2.8 Cms. DEL CENTRO.

ESF. DEL MATERIAL BASE 38.5 A 52.5 Kg./mm²

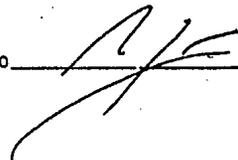
PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO

TIPO Y No.	RESULTADO	TIPO Y No.	RESULTADO
LATERAL	ACEPTABLE	LATERAL	ACEPTABLE
LATERAL	ACEPTABLE	LATERAL	ACEPTABLE.

NOMBRE DEL SOLDADOR ANDRES VAZQUEZ.

APROBO EL PROCEDIMIENTO SI

CERTIFICAMOS QUE LO ANTERIOR ES CORRECTO Y QUE LAS SOLDADURAS PARA LA PRUEBA FUERON PREPARADAS,
 SOLDADAS Y ENSAYADAS DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS DEL CODIGO ASME SECC. IX.

FABRICANTE _____ LABORATORIO 

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Las conducciones entubadas de flúidos, junto con la transmisión de energía eléctrica, son actualmente las líneas que mantienen vivas a las comunidades.

Con el alto desarrollo de las comunicaciones inalámbricas y el estudio para la transmisión de energía eléctrica con el mínimo de conductores, la conducción a través de líneas de tubería de agua, aceites, gases y otros flúidos a gran escala, se ha convertido en el único método de conducción insustituible.

El crecimiento racional de las ciudades depende en gran parte del adecuado suministro de agua. Desde tiempos pasados las grandes ciudades encontraron que el suministro con agua local era inadecuado, pero sin embargo el consumo diario per capita era muy bajo en comparación con los requerimientos actuales y no fue necesario el desarrollo de conducciones a presión para mayor capacidad.

Con las tuberías metálicas se consigue conducir agua a presión permitiendo el uso de sifones invertidos para el cruce de barrancas y otras depresiones y haciendo no necesario el seguimiento de la pendiente hidráulica como es el caso de los canales y acueductos en los que generalmente se requieren de construcciones muy costosas para dichos libramientos.

Actualmente el uso de tuberías metálicas para la conducción de flúidos en grandes cantidades es lo más recomendable por contar con cualidades como resistencia, flexibilidad y ausencia de roturas y filtraciones que las aventajan sobre otro tipo de conducciones al estar sujetas a presiones externas y sismos.

Esta misma preferencia por la tubería metálica para este tipo de conducciones, ha obligado a desarrollar materiales y técnicas de fa-

bricación e instalación que optimicen el funcionamiento y minimicen el costo de su utilización. Al mismo tiempo, ha sido necesario la creación y constante actualización de normas y especificaciones que regulen este tipo de trabajos desde el inicio hasta la propia operación de las líneas.

La soldadura eléctrica es sin duda la más complicada y difícil de las especialidades de la construcción, pero existe la falsa creencia de que se trata de un trabajo fácil y simple de unión entre dos piezas - por medio de un cordón. Es en la actualidad una especialidad digna de atención por parte del Ingeniero Constructor.

Por la experiencia adquirida en estos trabajos, encuentro que a medida que se facilita más la aplicación de una norma o especificación, se logra un mayor interés por conocer su origen entre los profesionistas y técnicos que las emplean, logrando así mejores aprovechamientos y resultados.

Debe hacerse notar que las normas y especificaciones no son su ficientes para garantizar una construcción segura; es indispensable el criterio y experiencia del ingeniero y del técnico especializado para - - crearlas, actualizarlas y aplicarlas adecuadamente.

BIBLIOGRAFIA

- ARMCO, International Corporation. Handbook of Welded Steel Pipe. --
Middletown, Ohio, U.S.A., 1942.
- ARMCO, International Corporation. Nuevas Lecciones de Soldadura por Arco. Sección I The Lincoln Electric Company. Cleveland, Ohio, U.S.A.
- CAMPOS, Domínguez Francisco. Cortes de Aceros al Carbón con Flama de Gas. México, 1978.
- CAMPOS, Domínguez Francisco. Reglas para la Construcción de Tanques Sujetos a Presión. México, 1981.
- CAMPOS, Domínguez Francisco. Soldadura con Arco Eléctrico de Aceros al Carbón y de Baja Aleación. México, 1979.
- HENRY, O.H.; CLAUSSEN, G.E. Welding Metallurgy. American Welding Society. New York, U.S.A., 1940.
- PIREDDA, C.M.V. Soldadura de Arco Metálico con Protección de Gas. Limusa, México.
- PIREDDA, C.M.V. Soldadura de Arco Sumergido. Limusa, México.
- SARH, CAVM, Dirección Gral. de Ingeniería. Instructivo para el Cálculo de Tuberías. Tomos I y II. México.
- ASME. Código de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Secciones II, VIII y IX.
- ASTM. Structural and Boiler Steel; Reinforcing Steel; Ferrous Filler - Metal; Ferro Alloys. Part 4. ASTM Standards. U.S.A.
- Catálogos y Guías de Fabricantes Nacionales y Extranjeros de Electro-
dos, Equipos para Soldar y Equipos de Oxicorte.
- Recomendaciones y Catálogos que publican los fabricantes de Pintura An-
ticorrosiva y Equipos de Aplicación.
- Apuntes publicados por empresas dedicadas a la inspección ultrasónica
y radiográfica.