

T
VILE.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica



"ESTUDIO DE FABRICACION DE TUBERIAS METALICAS PARA UN ACUEDUCTO"

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Walter Enrique Villavicencio Camacho



Guayaquil

Año

Ecuador

1996

AGRADECIMIENTO

AL Ing. **OMAR SERRANO V.**

Director de Tesis, por su ayuda
y colaboración para la ejecución
de este trabajo.

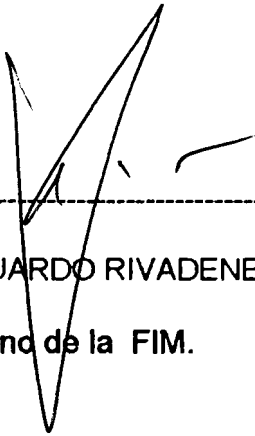
Al Ing. **IVAN LEMUS**, de la

Empresa COMINTECO, y a
todas las personas que han
colaborado en la elaboración
del mismo.

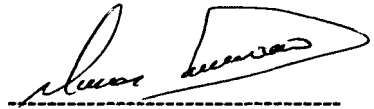
DEDICATORIA

A DIOS, A MIS PADRES y
HERMANOS por su apoyo
incondicional durante mis
años de estudio.

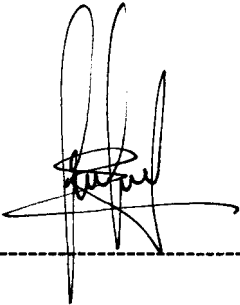
TRIBUNAL DE GRADUACION



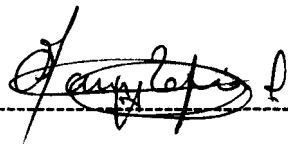
ING. EDUARDO RIVADENEIRA
Decano de la FIM.



ING. OMAR SERRANO
Director de Tesis.



ING. JULIAN PEÑA
Vocal del Tribunal de
Graduación

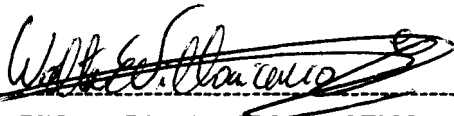


ING. MARCOS TAPIA Q.
Vocal del Tribunal de
Graduación

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



WALTER ENRIQUE VILLAVICENCIO CAMACHO

RESUMEN

En el presente trabajo se establece un estudio y seguimiento de la fabricación de tuberías metálicas para un acueducto. En primer lugar se tienen consideraciones previas a la fabricación, las cuales se basan fundamentalmente en normas y especificaciones técnicas. Estas normas nos ayudan a seleccionar los materiales adecuados para este caso y analizarlos por qué se los utilizó. Las especificaciones y normas aplicadas son: AWWA(American Water Works Association), ASTM(American Society for Testing and Materials), y el Código ASME(American Society for Mechanical Engineers).

Se revisará el Diseño de fabricación que ayudaría a lo largo del proceso de fabricación, consultando los planos de fabricación de tuberías metálicas del Proyecto Plan Hidráulico Acueducto Santa Elena. Se desarrollará la planificación del proceso de fabricación en el cual se hará la elaboración del proceso y establecimiento del programa a producirse haciendo el respectivo seguimiento y llevando un control de cuanto se fabrica por día. Se analizará todo el proceso de fabricación paso a paso desde la recepción de planchas pasando por el corte, el plegado y rolado de las mismas, realizando los respectivos procedimientos de soldadura hasta el acoplamiento de rigidizadores, entre virolas y haciendo un control de la soldadura utilizada. Finalmente se estudiará el revestimiento de la tubería, controlando los parámetros de espesor de pintura y haciendo la inspección final y despacho de la tubería.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
I. CONSIDERACIONES PREVIAS A LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA METÁLICA.....	3
1.1 ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS APLICADAS.....	3
1.2 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MATERIALES.....	15
1.3 DIMENSIONES Y TOLERANCIAS.....	18
1.4 REVISIÓN DEL DISEÑO DE FABRICACIÓN.....	23
II. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.....	27
2.1 ELABORACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.....	27

2.2 ESTABLECIMIENTO DEL PROGRAMA A PRODUCIRSE.....	32
2.3 SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA.....	36
2.4 DEFINICIÓN DEL EQUIPO A UTILIZARSE.....	61
2.4.1 CORTE DE PLANCHAS.....	61
2.4.2 CONFORMADO DE PLANCHAS.....	63
2.4.3 SOLDADURA.....	72
2.4.4 ACABADO SUPERFICIAL.....	75
2.4.5 TRANSPORTE INTERNO.....	77
III. PROCESO DE FABRICACIÓN Y ACOPLAMIENTO ENTRE VIROLAS.....	78
3.1 RECEPCIÓN DE PLANCHAS.....	78
3.2 FABRICACIÓN DE VIROLAS.....	79
3.2.1 CORTE DE PLANCHAS.....	79
3.2.2 PLEGADO DE PLANCHAS.....	81
3.2.3 ROLADO DE PLANCHAS.....	82
3.2.4 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA LONGITUDINAL.....	85
3.3 FABRICACIÓN DE RIGIDIZADORES.....	89
3.4 ACOPLAMIENTO DE RIGIDIZADORES.....	89
3.5 ACOPLAMIENTO ENTRE VIROLAS.....	90
3.6 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA CIRCUNFERENCIAL.....	91
3.7 CONTROL DE SOLDADURA.....	92
3.8 REVESTIMIENTO.....	96



3.8.1 REVESTIMIENTO INTERIOR Y EXTERIOR.....	101
3.8.2 MATERIALES DE REVESTIMIENTO.....	104
3.8.3 APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO.....	106
3.9 CONTROL DE ESPESOR DE PINTURA.....	108
3.10 INSPECCIÓN FINAL Y DESPACHO.....	113
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
ANEXO A.....	118
ANEXO B.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág.
1.1	Marcas de identificación en los tubos	5
1.2	Tolerancias en el control dimensional de planchas	24
1.3	Máximos desalineamientos de la soldadura	25
2.1	Diagrama de flujo del proceso de fab. de tubos metálicos	28
2.2	Diagrama de Gantt	37
2.3	Diagrama de Pert	43
2.4	Pasos para realizar la programación	59
2.5	Mesa de corte	62
2.6	Máquina Plegadora	67
2.7	Disposiciones de los cilindros de una curvadora	68
2.8	Máquina Roladora	70
3.1	Proceso de rolado en tubos metálicos	83
3.2	soldadura circunf. de una tubería por arco sumergido.	93
3.3	control de adherencia de pintura en la tub. metálica.	114

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Descripción	Pág.
I.	Corte Oxipropano(manual y a Máquina)	8
II.	Características Técnicas del Acero ASTM A-36	16
III.	Características Técnicas del Acero ASTM A - 515	17
IV.	Distribución del Personal	35
V.	Hoja de Tareas	42
VI.	Tareas de nivel superior para la fabricación de tuberías metálicas	60
VII.	Características Técnicas del coche de corte	66
VIII.	Características Técnicas de la Plegadora	66
IX.	Características Técnicas de la Roladora	71
X.	Características Técnicas de la cámara de granallado	76
XI.	Parámetros para la soldadura de arco sumergido	86
XII.	Varaciones típicas de corriente para electrodos de acero dulce	97
XIII.	Propiedades mecánicas típicas de electrodos	98
XIV.	Características y Representación de propiedades del Recubrimiento aplicado	109

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AWWA	Asociación Americana para trabajos con agua
ASTM	Asociación Americana para pruebas de materiales
ASME	Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos
Amp	Amperios
°C	Grado Centígrados
C	Carbono
cm	Centímetros
DIAM.	Diámetro
ELECTR.	Electrodo
ELONG.	Elongación
°F	Grado Fahrenheit
Fig.	Figura
Gr.	Grados
Hr.	Hora
HP	Caballos de fuerza
Ksi	Kilolibras por pulgada cuadrada
LONG.	Longitud
Lb.	Libras
Lbf.	Libra - Fuerza



Max.	Máximo
Mn.	Manganeso
Min.	Mínimo
min.	Minuto
mm	Millímetros
MPa	Megapascales
P	Fósforo
Psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
Pulg.	Pulgadas
Pint.	Pintura
Rep.	Reparación
RESIST.	Resistencia
RPM	Revoluciones por minuto
S	Azufre
Si	Silicio
TN	Toneladas

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene la finalidad de servir como una guía para la fabricación de tuberías metálicas y tenga como función la de transportar agua, siendo un factor importante la calidad de ellas. Por consiguiente se realizará un estudio detallado del proceso de fabricación, siguiendo las especificaciones técnicas requeridas. Para esto el objetivo es establecer un procedimiento adecuado y hacer el respectivo seguimiento del proceso de fabricación de tuberías metálicas.

La planificación consiste en seleccionar el proceso que resulte más ventajoso, seleccionando el equipo específico que se va a emplear. La selección del proceso de fabricación de tuberías dependerá básicamente del tipo y condición de las planchas de acero que se importarán, para ser usadas en el proceso de fabricación.

Se realizará un análisis para justificar por qué se seleccionó tal material en la fabricación del tubo, debido a las condiciones que soportarán las tuberías, para el caso de la tubería llamada sifón, la cual soportará mediana presión de agua y alta corrosión y para el caso de la tubería llamada de impulsión, la cual soportará alta presión debido a que ellas impulsarán el agua tomada del río y la transportarán por gravedad a través de la tubería sifón.

El control de la producción se lo hará estableciendo una programación o programa y realizar el respectivo seguimiento del proceso. Para esto se cuenta con la ayuda de las Gráficas de Gantt. Se usará también el diagrama de Pert para tener una mayor claridad de todo el proceso de fabricación de tuberías metálicas.

Se analizará el proceso de fabricación de tuberías paso a paso desde la recepción de planchas pasando por el corte, el plegado y rolado de las mismas, realizando los respectivos procedimientos de soldadura hasta el acoplamiento de rigidizadores, entre virolas y haciendo un control de la soldadura. Por último se estudiará el revestimiento de la tubería, controlando los parámetros de espesor de pintura y haciendo la inspección final y despacho de la tubería, tomando en cuenta todas las operaciones productivas y no productivas con el propósito de optimizar la capacidad de producción y calidad.

CAPITULO I



CONSIDERACIONES PREVIAS A LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA METÁLICA.

1.1 ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS APLICADAS.

Las especificaciones aplicadas establecen los requisitos técnicos destinados a la fabricación, pruebas y suministro de los TUBOS DE CHAPAS DE ACERO SOLDADAS con revestimiento interno y externo de protección contra la corrosión.

En estas especificaciones se deberán considerar los diámetros nominales de los tubos, correspondiendo a las dimensiones efectivas, como sean; diámetro nominal interno, sin revestimiento. Los tubos deben constituirse de secciones cilíndricas con un único cordón de soldadura longitudinal, fabricados con planchas de acero, pudiendo aceptarse también, la fabricación a través del método helicoidal. Además, los tubos serán suministrados con rigidizadores externos.

- NORMAS TÉCNICAS.-

La fabricación, pruebas y suministro deberá obedecer a las normas de la AWWA - American Water Works Association, en especial a la C200/91, Steel Water Pipe

6 in. and Larger, de acuerdo a la última revisión y de conformidad con los planos del diseño. Además se tomarán en consideración otras normas técnicas para la realización de este trabajo las cuales son:

- Código ASTM (American Society for Testing and Materials), referente a las características del acero utilizado.

- Código ASME (American Society for Mechanical Engineers). se refiere a la elaboración de procedimientos de soldadura.

- MARCAS.-

Las marcas de cada tubo se harán a través de grabado, altura 3/8" o 10 mm, y estarán comprendidas por un rectángulo de tinta amarilla, conteniendo las siguientes informaciones:

- fecha de fabricación;
- número de serie en la fabricación;
- espesor nominal;

En la figura 1.1 se muestra la manera como deben ir colocadas las marcas de identificación de los tubos.

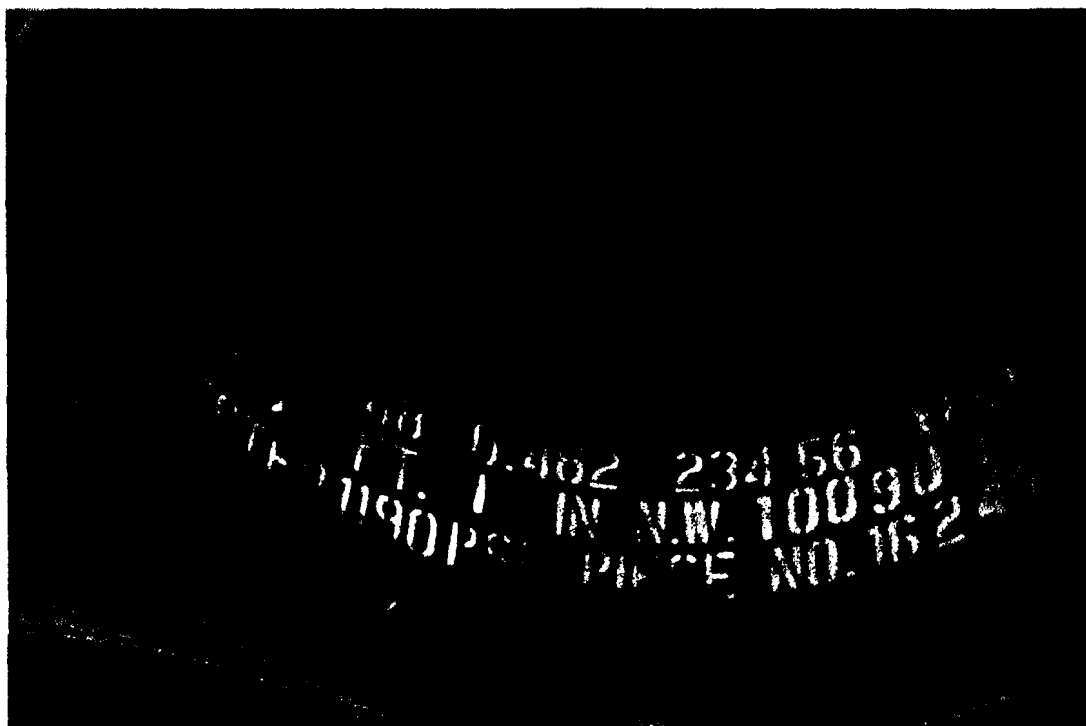


Fig 1.1 MARCAS DE IDENTIFICACION EN LOS TUBOS

- Diseño de fabricación.-

Los planos de las condiciones típicas de instalación, que acompañan estas especificaciones, definen las exigencias del suministro.

- Equipos.-

Los equipos para soldadura, corte a fuego u otras operaciones inherentes a la fabricación y pruebas de los tubos deben ser del tipo standard y de calidad suficiente para garantizar la producción de tubos que atiendan a las exigencias contenidas en estas especificaciones, así como también a la entrega de todos los materiales en los plazos contractuales.

Los equipos, en general, deben estar en perfectas condiciones de funcionamiento durante el período de fabricación.

- Materiales de los tubos.-

Las planchas al acero carbono empleadas en la confección de tubos deben presentar resistencia intermedia a la tracción, de calidad estructural, designadas por ASTM A 36, en el caso de sifones, con tensión mínima de fluencia de 36000 psi y tensión mínima de rotura de 58000 psi. En el caso de tuberías de impulsión, designadas por ASTM A515. (REF. 1).

- Disposiciones Básicas de Fabricación:

a) Secciones cilíndricas de los tubos de acero:

Los bordes de las planchas a ser unidas a través de soldadura deben ser cortados mecánicamente en la forma exigida para el proceso de soldadura especial. Los bordes a ser soldados han de ser enteramente uniformes y presentar línea recta en toda su longitud.

Si los bordes son cortados con soplete oxipropano, se deben remover todas las irregularidades y escamas provenientes del corte por medio de esmerilado o raspadura. Se permitirá el uso del soplete, siempre que se realice la remoción del metal quemado, escamas e irregularidades, con el empleo de un esmeril. En la tabla I se hace referencia al espesor de plancha a utilizar y la velocidad de corte requerida para realizar el corte con oxipropano.

Las dimensiones y geometría de los bordes de las planchas a ser unidas por medio de soldadura y el espaciamiento entre los bordes en posición de soldadura, han de permitir fusión y penetración completas.

Antes de la formación de los bordes longitudinales, se deben pre - curvar todas las planchas por medio de proceso continuo o se deben prensarlas de manera conveniente, según el radio del propio tubo.



TABLA I

CORTE OXIPROPANO
(MANUAL Y A MAQUINA) (REF. 2)*

ESPESOR (PULG/1MM)	VELOCIDAD MANUAL (PULG/MIN)	VELOCIDAD MAQUINA (PULG/MIN)	CONSUMO OXIGENO (PIE**3/HR)
1/4(6.4)	16-18	20-26	50-90
1/2(12)	12 - 14.5	17-22	90-125
1(25)	8-12	14-18	130-200
2(50)	5-7	10-13	200-300
4(102)	4-5	7-9	300-400
6(152)	3-4	5-7	400-500
8(203)	2.5 - 3.5	4-6	500-650
10(254)	2-3	3-4	700-1000

* Multiplicar Pulg/min por 0.0254 para m/min; pie**3/hr por 0.027 para m**3/hr

La presión que se ejerce durante la prensa debe ser suficiente para garantizar una curva exacta y uniforme en los bordes de las chapas. No se permitirá la utilización de martillos, ya sea para arreglar la conformación de las extremidades o para corregir deformaciones.

Se deben remover continuamente las escamas y los cuerpos extraños que se acumulen durante el proceso de formación de las virolas a través del rolado o prensado. Esta remoción se debe realizar por medio del proceso apropiado, para que esas escamas o cuerpos extraños no se incorporen a la superficie de la chapa.

Se deben mantener las superficies de las matrices y rollos libres de astillas, escorias de metal u otros materiales que se hayan acumulado durante la operación.

b) Rigidizadores:

Para evitar colapso de las tuberías serán utilizados rigidizadores de acero carbono ASTM - A36 para sifones y acero carbono ASTM - A 515 para tuberías de impulsión.

c) Preparación de la superficie:

Antes de iniciarse la soldadura, se deben limpiar completamente las superficies de todas las planchas a ser soldadas, removiéndose las escamas y la herrumbre por

medio mecánico adecuado, a una distancia nunca inferior a 1 " de los bordes de la plancha y, en caso de aceite o grasa, a distancia nunca inferior a 3" de los bordes de las planchas y ambos lados de las planchas en el caso de juntas a tope. (REF.1)

Se debe remover la grasa y el aceite con gasolina, solventes u otros medio adecuados. No se permitirá el uso de queroseno u otros disolvente más pesados a base de petróleo. Se deben remover las asperezas de laminación antes del proceso de soldadura.

Se debe realizar la limpieza de los bordes a ser soldados, por aplicación de los medio mecánicos adecuados, de preferencia antes de la unión de las planchas , por puntos de soldadura. En el caso de que la inspección encuentre alguna porosidad en dicha soldadura mayor que la permitida para el cordón final, se deberán remover tales puntos antes de la soldadura. (REF. 1).

Las planchas a ser soldadas deben ser precisamente ajustadas y fijadas en su posición durante la operación de soldadura.

Se puede emplear puntos de soldadura para retener los bordes en una posición alineada, siempre que el espesor de los puntos de soldadura se funda completamente y se incorpore en el cordón de soldadura final, sin perjudicar su resistencia. El método empleado debe producir un tubo acabado, con sección transversal circular en toda su extensión.

En el caso de que se utilicen juntas de soldadura a tope, se debe tener cuidado especial en el alineamiento de los bordes a ser unidos, para que haya penetración y fusión total en el fondo de las juntas. El desnivel de los bordes adyacentes no debe exceder 1/16" (1.59 mm). (REF. 1)

d) Soldadura:

Antes de iniciar la fabricación, se debe someter a la aprobación de la Fiscalización las calificaciones de los procesos de soldadura y de soldadores de acuerdo a la sección IX del Código ASME, para Cámaras de Presión, salvo los métodos que adopten procesos de arco sumergido, gas o electrodos tubulares.

Todas las pruebas de calificación de proceso o cualquier prueba de recalificación deberán ser ejecutadas por un laboratorio de pruebas idóneo, previamente aprobado por la Fiscalización. En todas las soldaduras manuales el espesor máximo del cordón para cada aplicación debe ser de 3 mm (1/8") (REF. 1)

Se debe golpear con martillo cada aplicación, con excepción de la última, ya sea en soldadura tope o de ángulo para aliviar tensiones y remover impurezas, escorias, antes de realizarse la aplicación siguiente.

Se debe limpiar cuidadosamente cada aplicación de metal de soldadura depositada, antes que se realice otra aplicación en la superficie.

Las aplicaciones de soldadura superpuestas acabadas deben centrarse en la costura y la junta acabada no debe presentar depresiones, machaqueos, derrames, irregularidades, grietas, etc.

La superficie interna no debe presentar derrames y otras irregularidades resultantes de la soldadura, salvo el espesor excedente necesario.

Todas las soldaduras deben tener fusión completa con el metal de base y no deben presentar grietas, óxidos, adherencia de escorias ni porosidades.

Si por cualquier razón la soldadura fuere interrumpida, se debe tener cuidado especial al reiniciarla para que se consiga una penetración completa entre el metal de soldadura, la chapa y el metal de soldadura anteriormente depositado.

Si se utiliza el mismo flujo antes y después de la interrupción, éste debe ser redistribuido antes de que el servicio se inicie de nuevo.

Las soldaduras deficientes en cuanto a las dimensiones, pero no en cuanto a la calidad, serán corregidas (procedimiento de recarga) cumpliendo las normas ASME.

Al removerse parcial o totalmente una soldadura por medio de corte o esmerilado, el corte o el esmerilado no deben alcanzar el metal base a un punto más allá de la

profundidad de penetración de la soldadura. Tampoco se debe quemar o dañar el metal base. Luego de esa operación, se debe remover el metal quemado completamente, hasta que los bordes de las planchas queden limpios, perfectos y preparados para la nueva aplicación de soldadura.

e) Revestimiento:

Se revestirán todos los tubos , interna y externamente, según las prescripciones de la norma ANSI/AWWA C 210-92 (AWWA Standard for Liquid Epoxy Coating Systems for the Interior and Exterior of Steel Water Pipelines).

f) Pruebas:

a) Pruebas de fabricación: Para cada 300 metros de cordón, utilizando el mismo material de la tubería, las planchas de prueba soldadas con el mismo procedimiento y la técnica aplicados en la fabricación de los tubos. Se deben fabricar las muestras y realizar los ensayos según lo especifica el ítem 3.3.5 de la AWWA C-200.

De cada muestra se deben retirar las siguientes probetas: 2 para la prueba de tensión y 2 para la prueba de doblado. Las resistencias a la tracción de las probetas no pueden ser inferiores al mínimo especificado por la norma del material utilizado y la rotura, deberá presentarse fuera del cordón de soldadura. (REF. 3).



b) Pruebas de control de las soldaduras.

Para el control de las soldaduras, tanto longitudinales como circunferenciales, realizadas en taller o en obra, se realizarán métodos de ensayos no destructivos los mismos que se aplicarán de acuerdo al caso, tal como se detalla a continuación:

- Soldaduras bimetálicas: 100% de líquidos penetrantes.
- Soldaduras estructurales angulares: 15 % de líquidos penetrantes.
- Soldaduras estructurales a tope y angulares con penetración total: Inspección por Ultrasonido.
- Soldaduras estructurales al tope y angulares con penetración total : Inspección por Radiografía.
- Para la tubería Sifón: 20% de Ultrasonido;10% Radiografía.
- Para la tubería de Impulsión: 100% Ultrasonido; 10% Radiografía.

En las zonas en que el citado control revelara anomalías o presente dudas sobre su calidad, el control se completará mediante los ensayos radiográficos necesario para determinar la admisibilidad o rechazo de la soldadura.

Las soldaduras rechazadas se levantarán y sanearán en las zonas defectuosas, se ejecutarán de nuevo en las mismas idóneas condiciones que la soldadura primera y se controlarán posteriormente en longitud doble, como mínimo, por radiografiado, pudiendo repetirse estas fases hasta obtener la calificación admisible.

La diferencia H entre el punto más alto de la soldadura interior y la superficie interna de la chapa será como sigue:

$$H < \underline{\text{espesor chapa}} + 0.5 \text{ (mm)}$$

20

1.2 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MATERIALES

El análisis que se efectúa para justificar porque se seleccionó tal material en la fabricación de tubos, se basa en el hecho de que para el caso de los sifones, las planchas de acero carbono que se va a utilizar en la confección de los tubos deben presentar las siguientes características: resistencia intermedia a la tracción, de calidad estructural, designadas por la norma ASTM A 36, con tensión mínima de fluencia de 36000 psi y tensión mínima de rotura de 58000 psi.

En la tabla II se muestra las propiedades mecánicas, composición, formas y usos principales de esta plancha de acero A - 36. (Ref. 4).

Para el caso de tuberías de impulsión que son las que soportarán una determinada presión y también estarán sometidas a temperatura intermedia y alta, la norma que cumple con todos estos requerimientos es la ASTM A- 515. La tabla III presenta las propiedades, composición química, formas y usos principales de la plancha de acero A - 515.

TABLA II

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ACERO ASTM

A-36 (REF.4)

TIPO	ALTA RESISTENCIA, BAJA ALEACION
ASTM #	A - 36
RESISTENCIA A TENSION (KSI)	58 - 80
PUNTO FLUENCIA, MIN (KSI)	36
USO PRINCIPAL	CONSTRUCCIONES SOLDADAS, REMACHADAS ATORNILLADAS
FORMA	PLANCHAS, BARRAS
COMPOSICION QUIMICA	0.25 - 0.29 %C 0.15 - 0.30 % SI 0.04 % Pmax 0.6 - 1.20 %Mn 0.5 % S OTROS

TABLA III
CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ACERO
ASTM A-515 (REF. 4)

ASTM	A-515
GRADO	55
RESISTENCIA A TENSION (KSI)	55 - 75
PUNTO DE FLUENCIA , MIN (KSI)	30
USO PRINCIPAL	RECIPIENTES A PRESION, TRABAJOS DE TEMPERATURAS INTERMEDIAS Y ALTAS
FORMA	PLANCHAS
COMPOSICION QUIMICA	0.20 - 0.28 %C 0.15 - 0.30 % SI 0.035% Pmax 0.90 % Mn max 0.04 % S max OTROS

1.3 DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

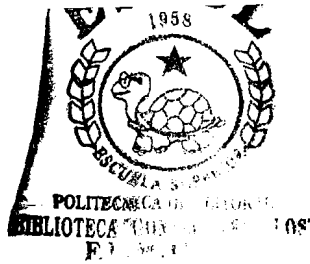
Los tubos pueden tener un diámetro interno entre un rango de 2400 mm y 3400 mm.

La diferencia entre el mayor y el menor de los diámetros internos medidos en una misma sección recta de la extremidad luego de la aplicación de los revestimientos internos y externos, debe ser igual al 1% del diámetro, como máximo, calculado en base del revestimiento interno.

La circunferencia externa de los tubos a una distancia que no sea menor que 250 mm de las extremidades, puede variar hasta más 3 mm y menos 1.5 mm del perímetro calculado en base al diámetro nominal interno especificado, teniéndose en cuenta los espesores del revestimiento interno y de la chapa. (REF. 1).

Al encomendar las planchas de acero en las centrales siderúrgicas, el fabricante deberá hacerlo de acuerdo a las tolerancias de las siderúrgicas, de modo que los espesores mínimos de las chapas no sean en ninguna hipótesis inferiores a los espesores mínimos especificados en el diseño.

Las secciones acabadas han de ser rectas con las paredes paralelas al eje del tubo. Se rechazará cualquier sección con falla de alineamiento que exceda a 3 mm para cada 3m de longitud en relación a una línea paralela del eje.



Las extremidades de los tubos deben estar ortogonales al eje de la tubería, con tolerancia de 3 mm.

El sobreespesor de las soldaduras no debe ser superior a 2 mm. Deberá removerse los que sobrepasen los 2 mm de altura, por medio de esmeril o tajadera. Asimismo en todas las soldaduras longitudinales o circulares, interiores del tubo, el sobreespesor no será mayor de 1.5 mm. No se permitirá esmerilar, raspar el reborde de la soldadura bajo la superficie de la plancha. (REF. 1).

Los desbastes de todas las extremidades para soldadura de tope deben obedecer las siguientes dimensiones y tolerancias :

externo: 30 grados(+5 grados y - 0 grado) hasta una profundidad de 11 mm.

Interno : 45 grados (+5 grados y -0 grado) .

Los ángulos arriba señalados variarán en función de las exigencias de los equipos semiautomáticos o automáticos que utilizare el fabricante en la ejecución de los trabajos.

No más que el 20 % de los tubos podrá presentar arrugas que exijan reparos en el revestimiento interno de epoxy liquido. (REF. 1).

Se permitirán pequeñas arrugas en el revestimiento interno de epoxy liquido

siempre que no sobrepasen un área total de 2 metros cuadrados y altura de 1 mm.

Para los casos no contemplados se deberá de cumplir los requerimientos de tolerancia en las dimensiones prescritos en el cuerpo de Normas de la AWWA, prevaleciendo los requerimientos que representen la mayor exigencia.

TOLERANCIAS DE LAS DIMENSIONES Y DE LAS SOLDADURAS DE SIFONES Y TUBERÍAS DE IMPULSIÓN.

Esta instrucción técnica trata de los juegos dimensionales que envuelven a las tuberías para un acueducto, que se basa en lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de tubos de chapa de acero soldada.

- Virolas Rectas.-

a) Perímetro de la circunsferencia externa de los tubos medido a una distancia mayor que 250 mm de las extremidades.

$P = 0 \% + 0.15 \%$ del perímetro calculado en base al diámetro nominal interno especificado, teniéndose en cuenta los espesores del revestimiento externo y de la chapa. (Para Sifones y Tuberías de Impulsión).

b) Ovalización: D (diferencia entre el diámetro máximo y el diámetro mínimo, de la misma sección recta de la extremidad de la virola, luego de la aplicación del los revestimientos internos y externos):

$$\delta D = \pm 5 \text{ mm} \quad \text{SIFONES}$$

$$\delta D = 0.74 \% \text{ del diámetro nominal interno} \quad \text{TUBERÍA DE IMPULSIÓN}$$

c) Linealidad :

$$\delta f \leq L / 1000$$

(Para sifones y tub. impulsión)

d) Largo de los elementos :

$$\delta L = \pm L / 1000 \text{ sin sobrepasar } 10 \text{ mm}$$

e) Inclinación de las caras (controlar sobre 3 diámetros).

$$x = 1.5 \text{ mm}$$

f) Irregularidades locales de la forma :

$$\delta h \leq + 2r/1000 + 20 / e + 0.5$$

g) Control de las chapas cortadas y chanfleadas.

$$\delta DL = \pm DL / 1000$$

$$DL1 - DL2 < 6 \text{ mm}$$

$$\delta R = \pm R/1000$$

$$\delta L = \pm L/1000$$

$$\delta F = \pm 2 \text{ mm}$$

e); f) ; g) son para sifones y tub. impulsión

Soldaduras.-

a) Deslocamiento de la unión Longitudinal.

$$\delta L \leq 1.0 \text{ mm (sifones)}$$

b) Deslocamiento de la unión circunferencial

$$\delta 2 \leq 1.6 \text{ mm (sifones)}$$

$$\delta 2 \leq 2.0 \text{ mm (Tubería de impulsión)}$$

c) sobremedida de la soldadura: Conforme indicado en los planos.

d) falta de espesor en las soldaduras:

$$Sf=0$$

En las fig. 1.2 y 1.3 se muestran las tolerancias que deben tener las tuberías metálicas usadas en el control dimensional de planchas y los máximos desalineamientos de soldadura.

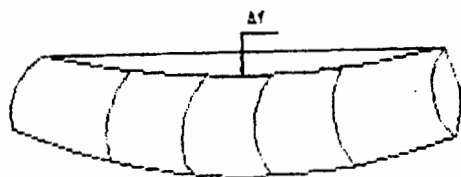
En el anexo A se presenta las tolerancias para las soldaduras

1.4 REVISIÓN DEL DISEÑO DE FABRICACIÓN

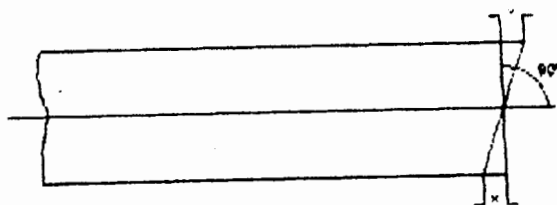
En lo que tiene que ver con el Diseño de fabricación se hará una revisión de los planos de fabricación de las tuberías metálicas del Proyecto Acueducto Santa Elena, en donde se puede observar todos los parámetros fundamentales para la construcción del Tipo de tubería "Sifón " y la " tubería de impulsión ".

Para el caso del Sifón, los planos indican como está detallada la fabricación de dicho tubo. Se puede observar que los tubos están unidos por soldadura, y en ellos se encuentran acoplados 3 Rigidizadores o anillos cuya función es darle más soporte al tubo, para obtener más información sobre a que distancia se encuentran entre si los rigidizadores referirse a los planos de fabricación.

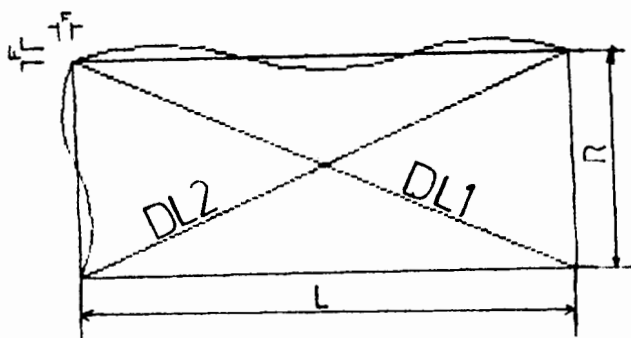
Siguiendo con la revisión de los planos, se observan los detalles de soldadura Longitudinal, en los cuales se puede ver a cuantos grados se encuentra la soldadura desde el punto de referencia, también se detalla la soldadura



A) LINEALIDAD $\Delta f < L / 1000$



B) INCLINACION DE LAS CARAS $X = 1.5\text{MM}$

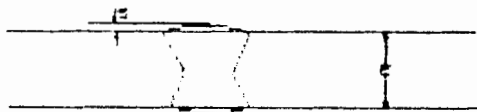


C) CONTROL DE CHAPAS CORTADAS

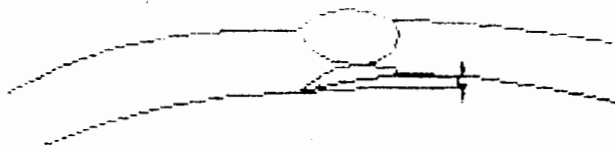
$$\Delta DL = \pm DL / 1000 \quad \Delta L = \pm L / 1000$$

$$\Delta R = \pm R / 1000 \quad \Delta F = \pm 2\text{MM}$$

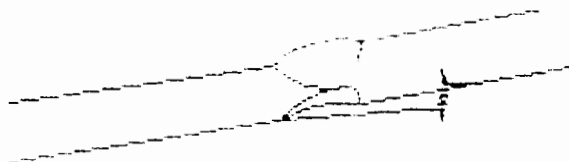
FIG . 1.2 TOLERANCIAS EN EL CONTROL DIMENSIONAL DE PLANCHAS (REF. 5)



A) SOBREMEDIDA DE LA SOLDADURA $\Delta S = 0$



B) DESALINEACION DE LA UNION LONGITUDINAL
 $\Delta L = 1.0 \text{ MM}$



C) DESALINEACION DE LA UNION CIRCUNFERENCIAL
 $\Delta 2 < 1.6 \text{ MM}$

FIG. 1.3 MAXIMOS DESALINEAMIENTOS DE LA SOLDADURA (REF.5)

circunferencial, las características del cordón de soldadura y por último se detalla que debe ir pintado el sentido del flujo del agua en la tubería. (REF. 6).

Para el caso de la tuberías de impulsión, los detalles de los planos es el mismo que el de los sifones.

CAPITULO II

PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

2.1 ELABORACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.

Se elabora un proceso para la fabricación de las tuberías metálicas, el cual es importante para la obtención de dichos tubos, el cual empezará desde la recepción de las chapas de acero hasta la inspección final y despacho.

Las tuberías metálicas consideradas son destinadas para dos funciones: como sifones y como tuberías de impulsión. El proceso de fabricación es el mismo en ambas, con la diferencia que el control de las uniones soldadas va a ser realizado en diferentes porcentajes. Para el proceso de fabricación de tuberías metálicas, se elaborará un Flujo de producción para tener más claro todo el procedimiento de fabricación, el cual se muestra en la figura 2.1

El proceso de fabricación comienza desde el momento que se recibe la plancha certificada desde el Brasil y después se procede al corte de las planchas; las medidas a las cuales deberán ser cortadas dichas planchas será de acuerdo a su función. Las medidas para cada uno de estos casos vienen determinados en los planos correspondientes # 1 y # 2.

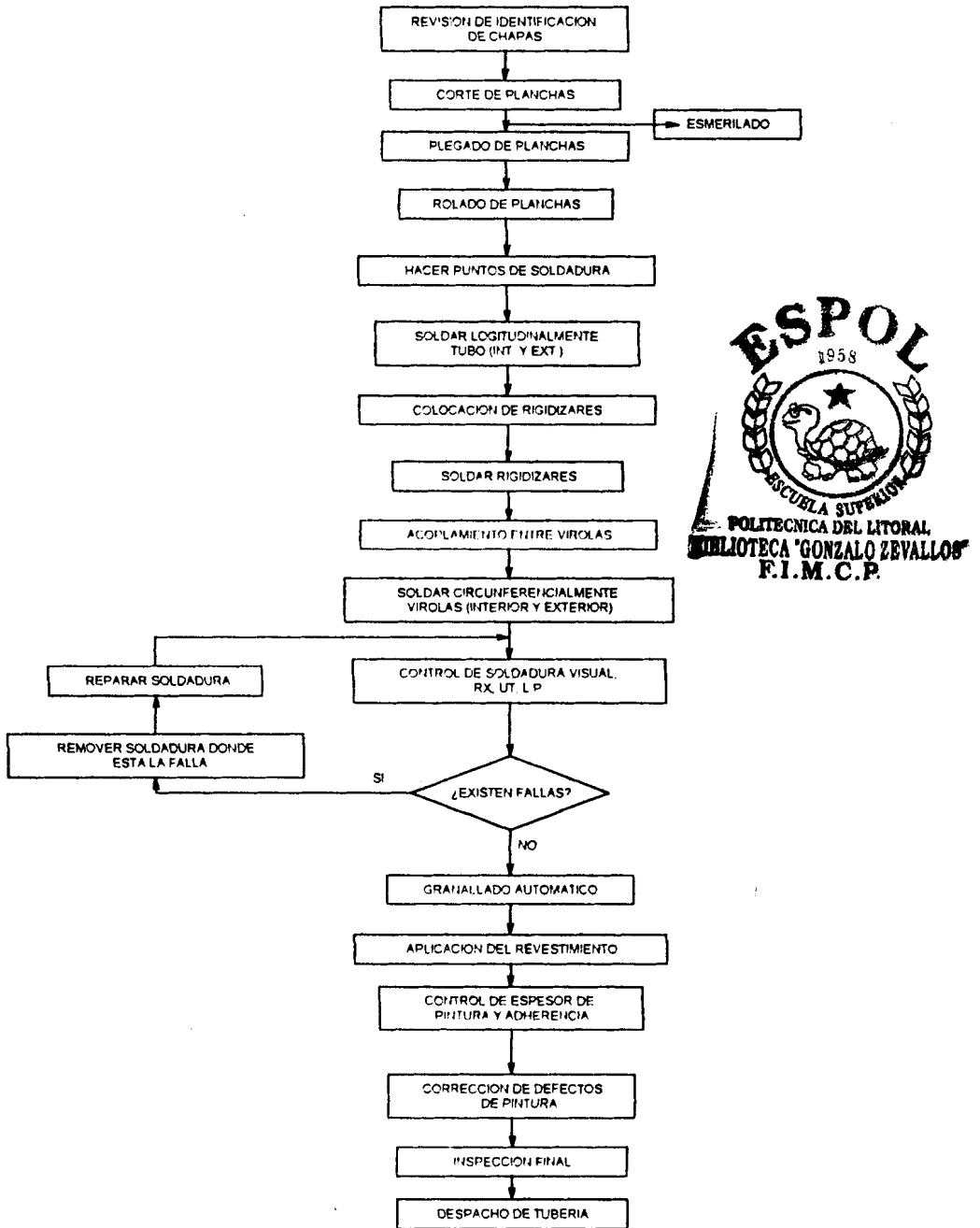


Fig. 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIAS METALICAS

Antes de la formación de los bordes longitudinales, se procede a pre-curvar la plancha por medio de proceso continuo o se debe prensar de manera conveniente, según el radio del propio tubo. Este trabajo debe ser realizado en una máquina plegadora .

La formación de los tubos se hace a través del rolado. Este proceso debe ser realizado de tal manera que se garantice que el tubo formado va a tener el diámetro deseado.

Después del rolado se procede a realizar puntos de soldadura para retener los bordes en una posición alineada, siempre que el espesor de los puntos de soldadura se funda completamente y se incorpore en el cordón de soldadura final, sin perjudicar su resistencia.

El siguiente paso del proceso constituye el realizar la soldadura final a lo largo de la longitud del tubo. Pero antes de iniciarse la soldadura, se deben limpiar completamente las superficies del tubo, removiéndose las escamas y la herrumbre por medio mecánico adecuado. Esta soldadura longitudinal deberá ser realizada de manera automática y debe ser interior y exterior.

Si los planos lo especifican serán incorporados a los tubos unos rigidizadores, los cuales deben ser soldados a los mismos con un ángulo exacto de 90° en relación

al eje de la tubería; el objetivo de estos rigidizadores es evitar el colapso en las tuberías.(REF. 6).

Con el objetivo de obtener la longitud deseada del diseño de fabricación se procede a acoplar tubos hasta obtener dicha longitud. El acoplamiento de estos tubos debe realizarse por medio de un bancal acoplador, el mismo que previamente ha sido alineado.

Una vez que están acoplados debidamente, se procede a soldar radial interior y exteriormente. Todas las soldaduras deben tener fusión completa con el metal de base y no deben presentar grietas, óxidos, adherencia de escorias ni porosidades.

Para garantizar la calidad de soldadura se hace un control de la misma; este control tiene que ser: visual, líquidos penetrantes, ultrasonido y radiografía industrial. El porcentaje de control de calidad a realizarse en este control dependerá si se trata de un sifón o de una tubería de impulsión.

Cuando se encuentre una soldadura deficiente, en cuanto a su calidad, se debe remover la misma por medio de proceso adecuado y se la debe efectuar totalmente de nuevo.

Todas las tuberías deberán ser revestidas interna y externamente. El sistema consiste de una pintura base constituida por dos componente químicos líquidos

inhibitorios de la herrumbre y una o más capas del epoxy líquido para la pintura de acabado.

El primer paso para realizar el revestimiento constituye la preparación de la superficie la misma que consiste en limpiar la superficie de la tubería, fregándola con paños limpios empapados de disolvente a base de alquitrán de hulla. La limpieza de la superficie se realizará mediante chorros de arena, escoria de cobre o granalla metálica hasta conseguir una superficie libre de óxidos, escamas, depósitos sólidos, gotas de soldaduras, etc.

La pintura base se debe aplicar inmediatamente después del tratamiento con los chorros. Los tiempos mínimos y máximos entre la aplicación de la pintura base y la pintura de acabado corresponderán a las indicaciones del fabricante.

El acabado debe realizarse de tal manera que no queden arrugas, ampollas, depresiones o vacíos.

El proceso final consiste en colocar a las tuberías marcas de identificación para montaje en obra, las mismas que serán hechas a través de grabado. Por último se procede a su despacho hacia el lugar a donde van a ser colocadas.

En el plano # 3 se muestra la distribución de una planta de fabricación de tuberías metálicas con cada una de sus secciones y el equipo utilizado.

2.2 ESTABLECIMIENTO DEL PROGRAMA A PRODUCIRSE.

Tomando de referencia el proceso de fabricación para tuberías metálicas se debe elaborar la programación de la misma. Para la realización de dicho programa se debe contar con las planchas, herramientas y suministros en tiempos que resulten convenientes, de tal manera que puedan realizarse los programas establecidos.

Es necesario llevar un registro adecuado de los inventarios de material, con el fin de que estos estén disponibles en cantidades suficientes para las necesidades de producción de acuerdo con el programa.

La PROGRAMACIÓN puede llevarse a cabo con varios grados de refinamiento. Como el proceso de fabricación de tuberías metálicas requiere de gran producción, es necesario equipos que faciliten la programación en forma más detallada, con objeto de asegurar resultados óptimos del equipo productivo disponible.

La programación se hace frecuentemente, con el auxilio de tableros de control. Estos dispositivos son, en realidad, versiones mecánicas de las GRÁFICAS DE GANTT, donde los programas toman la forma de tiras de papel que se cortan a longitudes equivalentes (a determinada escala) a tiempos estándares. Estas tiras se colocan en una posición horizontal apropiada, adyacentes a la orden de trabajo que representa; marcando sobre ellas un color, para que resalte, todos los trazos en un punto adecuado.

Otros de los métodos a seguir en la planificación de producción de tuberías metálicas es el Método de PERT que consiste en controlar y planificar por medio de Pronósticos y representar gráficamente la manera óptima de alcanzar el objetivo predeterminado, usualmente expresado en términos de tiempo de ejecución.

El método de la ruta Crítica, también un método utilizado en la fabricación de tuberías a diferencia del PERT hace uso de estimados de tiempo de ejecución en lugar de los tiempos calculados " como los más probables".

Los eventos están representados gráficamente por nodos o rectángulos y son, en realidad, posiciones en una programación en tiempo, representando el inicio o la terminación de una actividad particular.

Se asigna un número a cada uno de los eventos para identificarlos.

Se hace referencia a cada una de las operaciones como una actividad y se muestran gráficamente como un arco o una línea en el diagrama de la red.

Para la elaboración de los diagramas de GANTT y RUTA CRITICA en el proceso de fabricación de tuberías metálicas se ha tomado en cuenta la capacidad de todas las máquinas usadas durante el proceso de fabricación, así como también el programa teórico de fabricación de tuberías que debe cumplirse, tipo de tubería a fabricarse, área física de la que se dispone.

Las cantidades que son realizadas en cada uno de los procesos han sido determinadas de acuerdo a lo mencionado anteriormente y son los siguientes:

PROCESO	CANTIDAD	TIEMPO (HORAS)
Corte de planchas	24	12
Plegado de planchas	20	12
Rolado	20	12
Soldadura Longitudinal	20	12
Colocar Rigidizadores	12	24
Soldar Rigidizadores	12	24
Acoples entre tubos	9	12
Soldadura Circunferencial	9	12
Granallado	12 m	12
Pintura	12 m	12



El diagrama de GANTT y la ruta crítica realizado para la fabricación de tuberías metálicas es mostrado en la siguiente sección del capítulo.

Durante la SELECCIÓN DE PERSONAL se deben buscar personas adecuadas, tomando en cuenta su entrenamiento anterior. En la tabla IV se muestra la distribución del personal para los dos turnos usados en la fabricación de tuberías metálicas.

TABLA IV

DISTRIBUCION DEL PERSONAL (REF.1)

Id	Nombre del recurso	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima
1	CORTADOR T2	CT2	T2	2
2	AYUDANTE C T2	ACT2	T2	2
3	CORTADOR INSPECTOR T2	CIT2	T2	1
4	ESMERILADOR T2	ET2	T2	2
5	PLEGADOR T2	PT2	T2	1
6	ROLADOR T2	RT2	T2	1
7	AYUDANTE P T2	APT2	T2	1
8	AYUDANTE R T2	ART2	T2	2
9	SOLDADOR R T2	SRT2	T2	1
10	OPERADOR GRUA	OGT2	T2	1
11	FABRICADOR DE ANILLOS	FAT2	T2	1
12	CORTADOR DE ANILLOS	CAT2	T2	1
13	AYUDANTE CA T2	ACAT2	T2	2
14	SOLDADOR LONGITUDINAL	SLT2	T2	2
15	AYUDANTE SLT2	SLT2	T2	2
16	ARMADOR DE ANILLOS	AAT1	T1	1
17	AYUDANTE AAT1	AFAAT1	T1	3
18	SOLDADOR AAT1	SAAT1	T1	2
19	ESMERILADOR AAT1	EAAT1	T1	2
20	OPERADOR SOLD. AAT1	OSAAT1	T1	1
21	AYUDANTES SAAT1	ASAAT1	T1	1
22	ACOPLADOR TUBOS T1	ATUT1	T1	3
23	AYUDANTE ATUT1	AYATUT1	T1	3
24	SOLD. RADIAL	SRT1	T1	1
25	AYUDANTE SRT1	AYSRT1	T1	3
26	SOLD. REP. SRT1	SRST1	T1	2
27	SOLD. ANILLOS	SAT1	T1	1
28	AYUDANTE SAT1	AYSAT1	T1	2
29	ESMERILADOR SAT1	ESAT1	T1	2
30	OPERADOR GRANALLA	OPGRT1	T1	1
31	AYUDANTE OPGRT1	AYOPGRT1	T1	3
32	PINTORES	PT1	T1	3
33	AYUDANTES PT1	AYPT1	T1	2
34	OPERADOR P. GRUA	OPGT1	T1	3
35	AYUDANTE PGT1	AYPGT1	T1	2
36	CONT. CONTROL CAL. PINT	CCPT1	T1	1
37	CONT. GEOMETRIA	CGEOMT1	T1	1
38	AYUDANTE REPAR. T1	AYRT1	T1	2
39	ALMACENADOR TUBOS T1	ALMTT1	T1	1
40	AYUDANTE ALMTT1	AYALMTT1	T1	1

NOTA:

Id: Identificador para cada nombre del recurso.

Nombre del recurso: Es el personal utilizado para cada etapa.

Iniciales: Es la inicial de la función del recurso.

Grupo: Se refiere a los dos turnos de trabajo;

T1= turno de día; T2= turno de noche.

Capacidad máxima: Cantidad max. de personal utilizado para cada etapa del proceso de fabricación.

2.3 SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA.

Con el objetivo de cumplir con el control de producción es necesario la elaboración de un programa diario de producción que debe cumplirse en todas las etapas de fabricación y debe cumplir con las expectativas de programa de fabricación teórico.

En la figura 2.2 se elabora el diagrama de GANTT, el cual contiene una lista de información acerca de cada tarea, mientras que los diagramas de barras de GANTT presentan las duraciones de las tareas y las fechas de comienzo y de fin en una escala temporal.

Las posiciones relativas de las barras de Gantt reflejan qué tareas se efectúan antes o después, o se superponen a las tareas representadas por cada barra.

Las ventajas de éste método de GANTT son las siguientes :

- El programa se presenta en forma tan clara que puede ser comprendido en detalle.
- Es fácil de confeccionar y no requiere de ninguna experiencia en dibujo.
- Se puede comparar lo que se está haciendo con lo que se hizo.
- Visualiza el paso del tiempo y con ello contribuye a reducir tiempos ociosos o despilfarros en futuros trabajos similares que deban volverse a programar.

FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE GANTT(REF. 7)

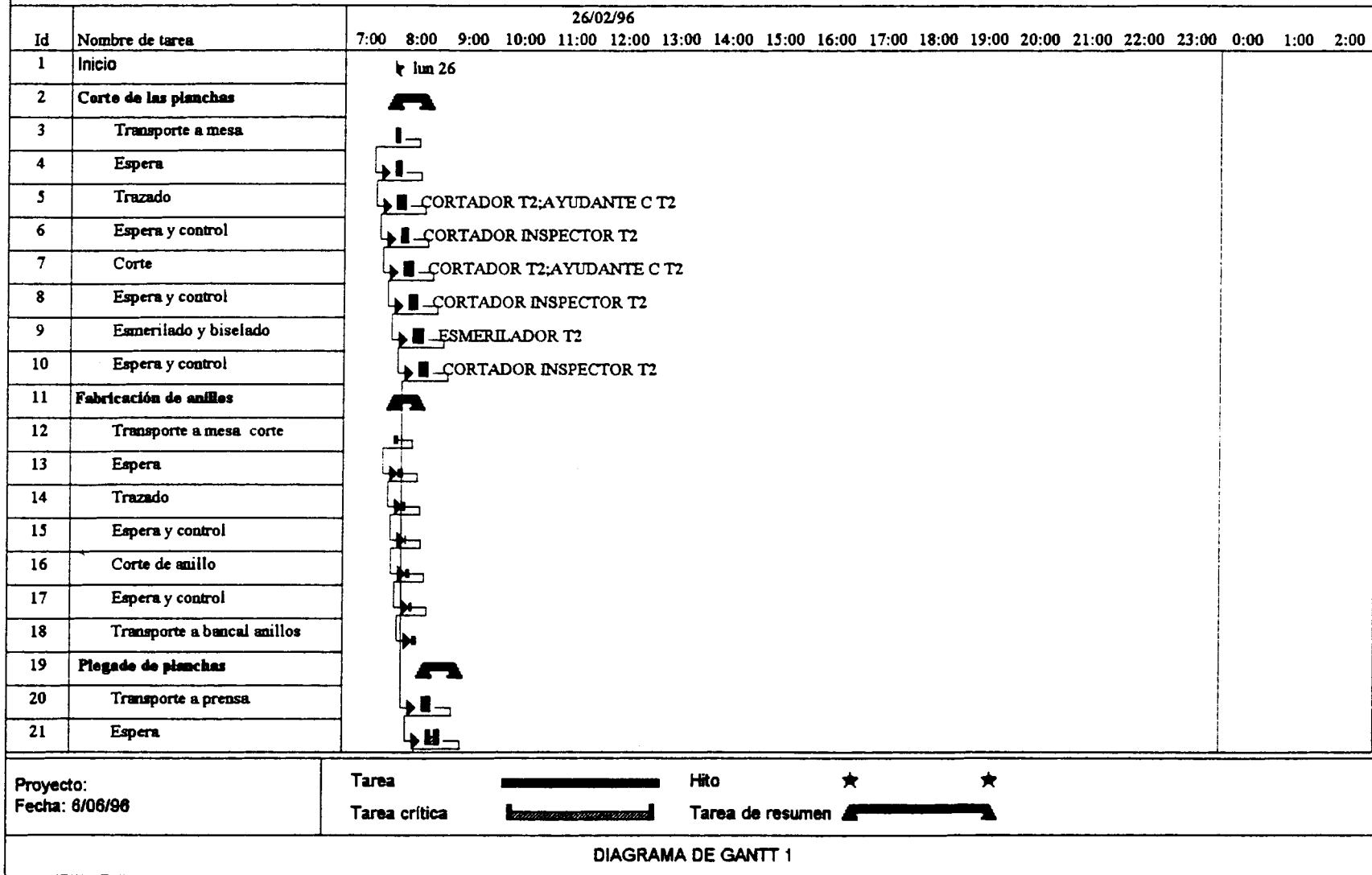


FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE GANTT(REF. 7)

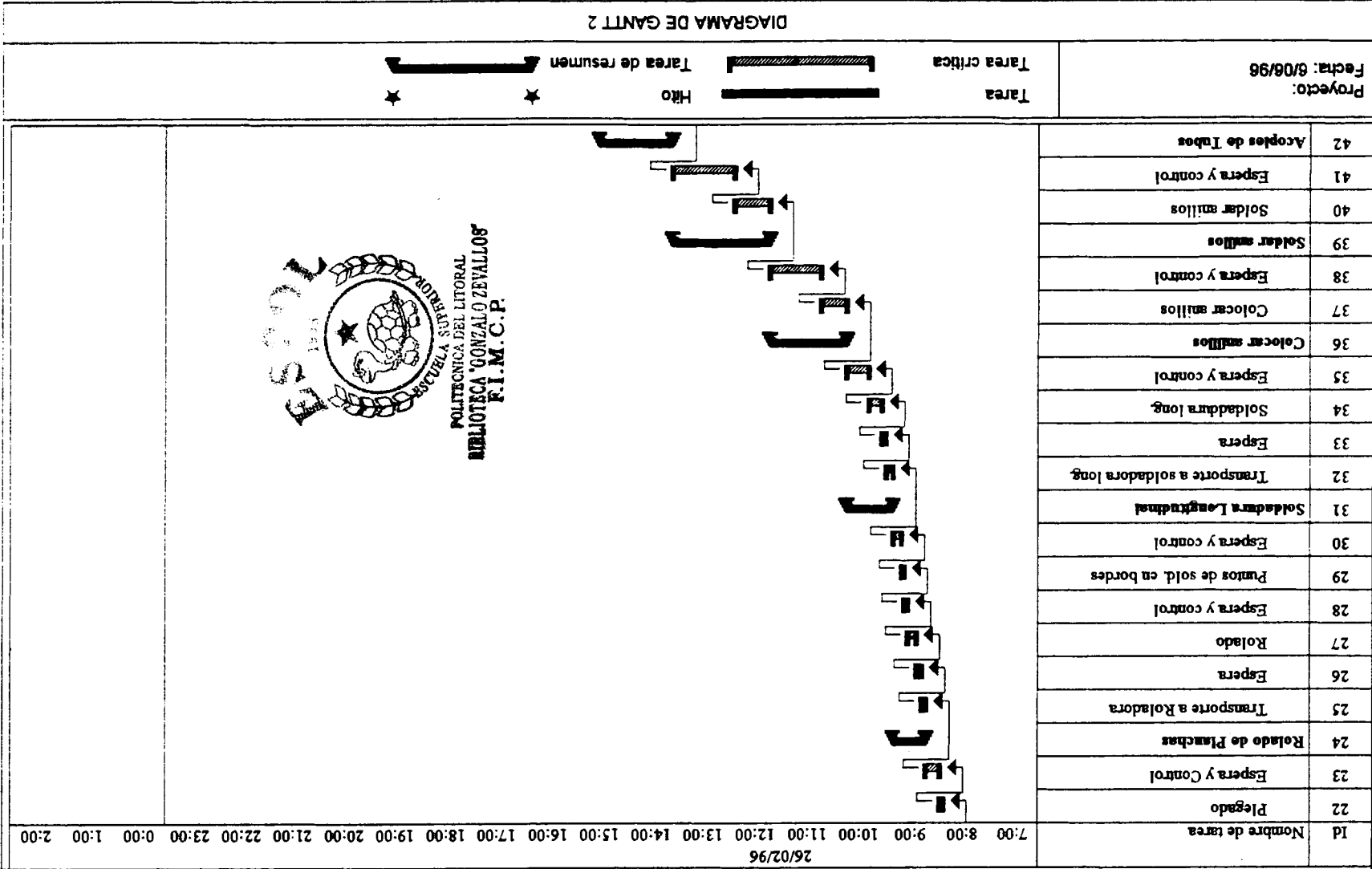


FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE GANTT(REF. 7)

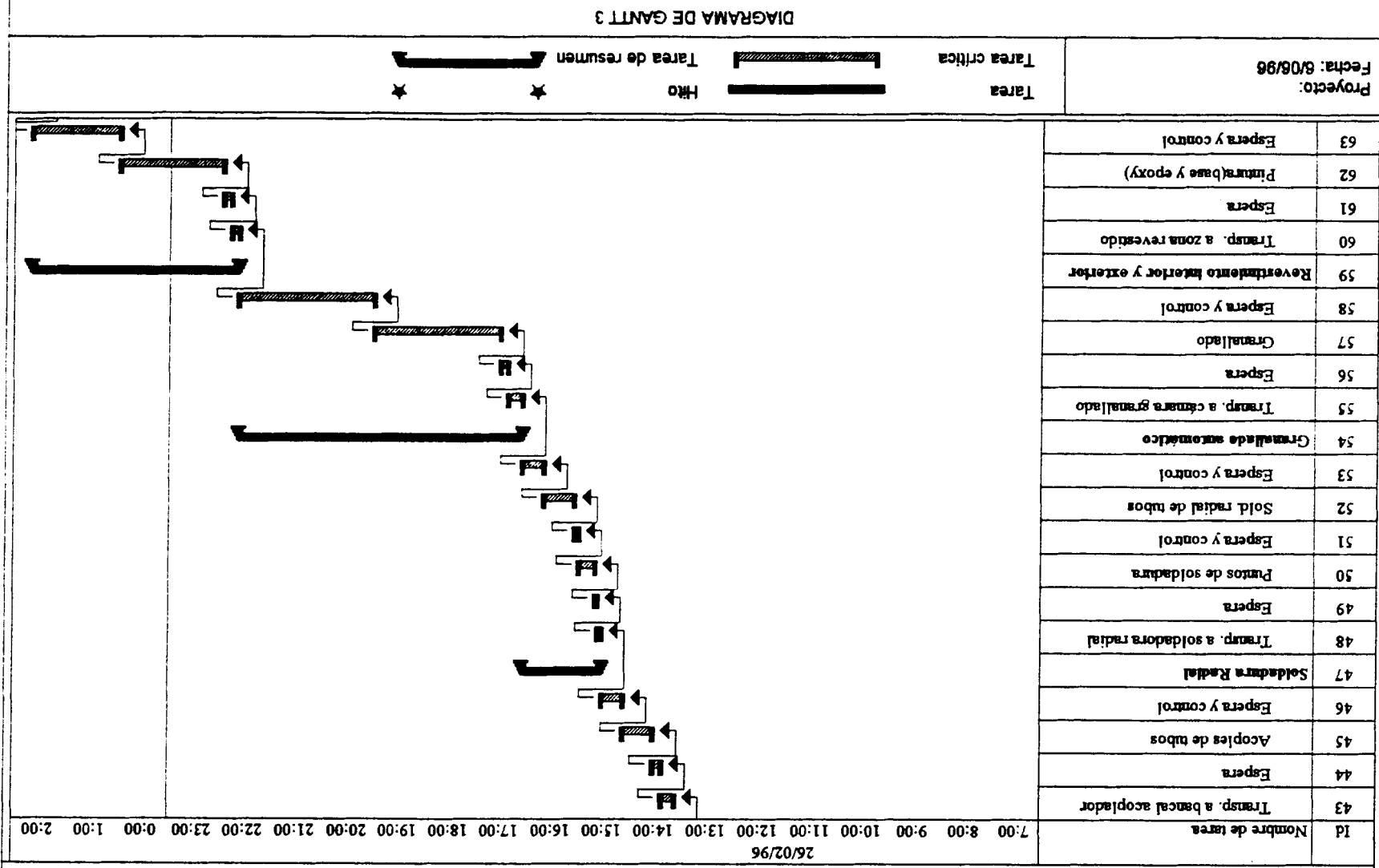


FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE GANTT(REF. 7)

		26/02/96																			
Id	Nombre de tarea	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00
64	Fin																				

en donde:

Tarea: representa el comienzo y fin de cada trabajo.

Tarea Critica: es la tarea que se debe completar según la programación para que la fabricación de la tubería metálica pueda finalizar a tiempo. Si se retrasa una tarea crítica, también se retrasará la finalización del proceso de fabricación. Una serie de tareas críticas componen una RUTA CRITICA del proceso.

Hito: punto de referencia que marca el inicio y fin del proceso de fabricación de la tubería metálica.

Tarea de resumen: una tarea que se compone de subtareas y que resume a esas subtareas, se denomina tarea de resumen.

NOTA:

RUTA CRITICA: La serie de tareas que se deben completar en una programación para que un proyecto finalice conforme a la programación.

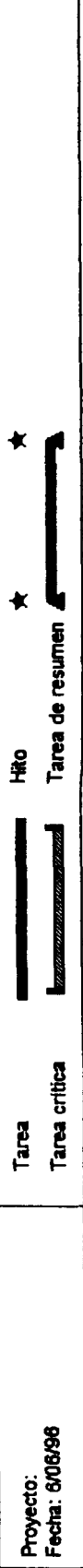


DIAGRAMA DE GANTT 4

La desventaja del método de GANTT es que no indica la interrelación de las actividades de mantenimiento y no señala las actividades de mayor prioridad o de menor prioridad que poseen holguras de tiempo.

En la tabla V se presenta la hoja de tareas en el proceso de fabricación de tuberías metálicas, en donde sus columnas se explican a continuación:

Id: Identificador de la tarea

Nombre de tarea: es el nombre de cada actividad realizada para la fabricación de la tubería metálica.

Duración: es el tiempo que se demora en realizar cada tarea

Comienzo: indica el inicio de la tarea a realizar

Fin: señala la finalización de la tarea, pero no la finalización del proceso.

Predecesora: indica una tarea que se debe comenzar o finalizar antes de que otra se pueda comenzar o finalizar.

En la figura 2.3 se construye el diagrama de PERT/Ruta Crítica, el cual presenta las tareas y las relaciones entre tareas en forma de diagrama de red o de flujo.

Un cuadro(a veces llamado nodo) representa cada una de las tareas; una línea que conecta a dos cuadros representa la relación entre ambas tareas.

TABLA V HOJA DE TAREAS (REF.7)

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	Inicio	0h	26/02/96	26/02/96	
2	Corte de las planchas	0,62h	26/02/96	26/02/96	
3	Transporte a mesa	0,05h	26/02/96	26/02/96	
4	Espera	0,03h	26/02/96	26/02/96	3
5	Trazado	0,08h	26/02/96	26/02/96	4
6	Espera y control	0,05h	26/02/96	26/02/96	5
7	Corte	0,12h	26/02/96	26/02/96	6
8	Espera y control	0,08h	26/02/96	26/02/96	7
9	Esmilado y biselado	0,12h	26/02/96	26/02/96	8
10	Espera y control	0,08h	26/02/96	26/02/96	9
11	Fabricación de anillos	0,47h	26/02/96	26/02/96	
12	Transporte a mesa corte	0,08h	26/02/96	26/02/96	
13	Espera	0,1h	26/02/96	26/02/96	12
14	Trazado	0,05h	26/02/96	26/02/96	13
15	Espera y control	0,02h	26/02/96	26/02/96	14
16	Corte de anillo	0,08h	26/02/96	26/02/96	15
17	Espera y control	0,05h	26/02/96	26/02/96	16
18	Transporte a bancal anillos	0,08h	26/02/96	26/02/96	17
19	Plegado de planchas	0,58h	26/02/96	26/02/96	
20	Transporte a prensa	0,08h	26/02/96	26/02/96	10
21	Espera	0,17h	26/02/96	26/02/96	20
22	Plegado	0,07h	26/02/96	26/02/96	21
23	Espera y Control	0,27h	26/02/96	26/02/96	22
24	Rolado de Planchas	0,65h	26/02/96	26/02/96	
25	Transporte a Roladora	0,08h	26/02/96	26/02/96	23
26	Espera	0,1h	26/02/96	26/02/96	25
27	Rolado	0,17h	26/02/96	26/02/96	26
28	Espera y control	0,08h	26/02/96	26/02/96	27
29	Puntos de sold. en bordes	0,05h	26/02/96	26/02/96	28
30	Espera y control	0,17h	26/02/96	26/02/96	29
31	Soldadura Longitudinal	0,88h	26/02/96	26/02/96	
32	Transporte a soldadora long.	0,13h	26/02/96	26/02/96	30
33	Espera	0,08h	26/02/96	26/02/96	32
34	Soldadura long.	0,25h	26/02/96	26/02/96	33
35	Espera y control	0,42h	26/02/96	26/02/96	34
36	Colocar anillos	1,5h	26/02/96	26/02/96	
37	Colocar anillos	0,5h	26/02/96	26/02/96	35
38	Espera y control	1h	26/02/96	26/02/96	37
39	Soldar anillos	1,87h	26/02/96	26/02/96	
40	Soldar anillos	0,67h	26/02/96	26/02/96	38
41	Espera y control	1,2h	26/02/96	26/02/96	40
42	Acoples de Tubos	1,42h	26/02/96	26/02/96	
43	Transp. a bancal acoplador	0,25h	26/02/96	26/02/96	41
44	Espera	0,17h	26/02/96	26/02/96	43
45	Acoples de tubos	0,58h	26/02/96	26/02/96	44
46	Espera y control	0,42h	26/02/96	26/02/96	45
47	Soldadura Radial	1,55h	26/02/96	26/02/96	
48	Transp. a soldadora radial	0,08h	26/02/96	26/02/96	46
49	Espera	0,05h	26/02/96	26/02/96	48
50	Puntos de soldadura	0,33h	26/02/96	26/02/96	49
51	Espera y control	0,08h	26/02/96	26/02/96	50
52	Sold. radial de tubos	0,58h	26/02/96	26/02/96	51
53	Espera y control	0,42h	26/02/96	26/02/96	52
54	Granallado automático	5,07h	26/02/96	26/02/96	
55	Transp. a cámara granallado	0,3h	26/02/96	26/02/96	53
56	Espera	0,15h	26/02/96	26/02/96	55
57	Granallado	2h	26/02/96	26/02/96	56
58	Espera y control	2,62h	26/02/96	26/02/96	57
59	Revestimiento interior y exterior	4h	26/02/96	27/02/96	
60	Transp. a zona revestido	0,15h	26/02/96	26/02/96	58
61	Espera	0,15h	26/02/96	26/02/96	60
62	Pintura(base y epoxy)	2h	26/02/96	27/02/96	61
63	Espera y control	1,7h	27/02/96	27/02/96	62
64	Fin	0h	27/02/96	27/02/96	63

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)

Inicio	
1	0h
26/02/96	26/02/96

Corte de las planchas	
2	0,62h
26/02/96	26/02/96

Transporte a mesa	
3	0,05h
26/02/96	26/02/96

Espera	
4	0,03h
26/02/96	26/02/96

Trazado	
5	0,08h
26/02/96	26/02/96

Fabricación de anillos	
11	0,47h
26/02/96	26/02/96

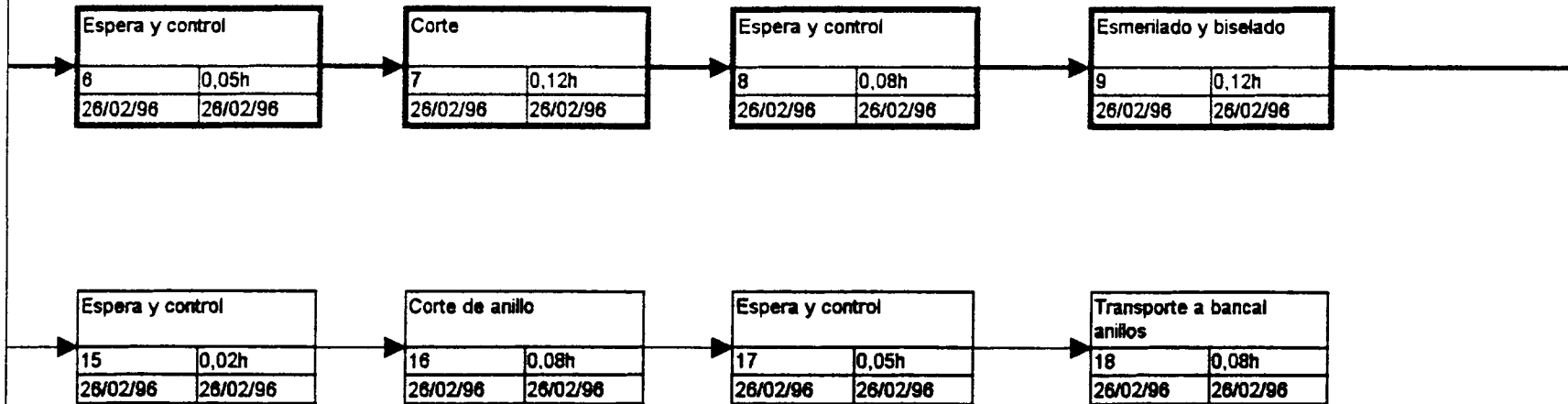
Transporte a mesa corte	
12	0,08h
26/02/96	26/02/96

Espera	
13	0,1h
26/02/96	26/02/96

Trazado	
14	0,05h
26/02/96	26/02/96

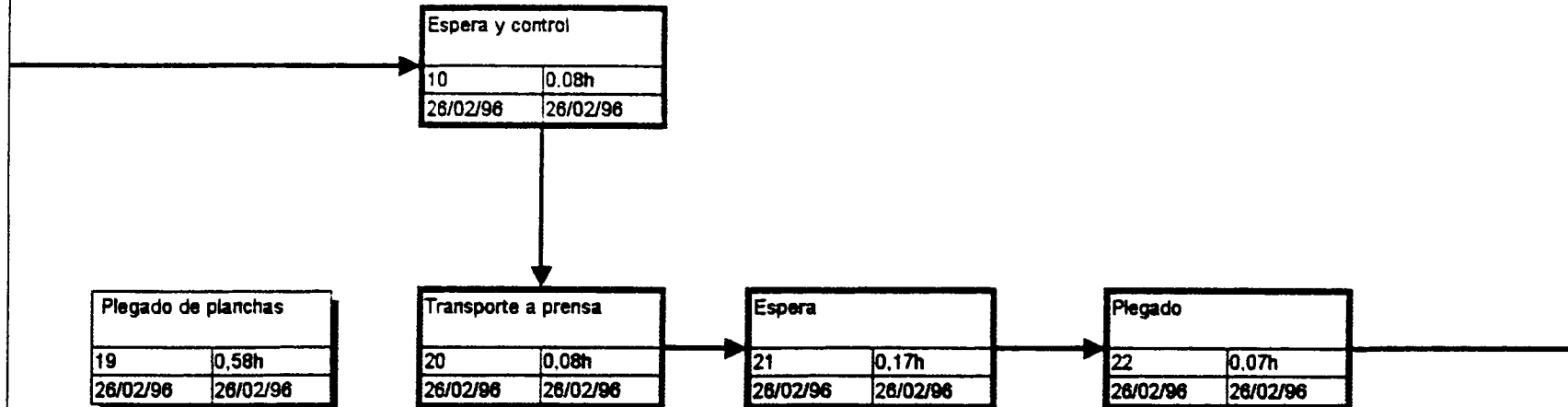
DIAG. PERT 1

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



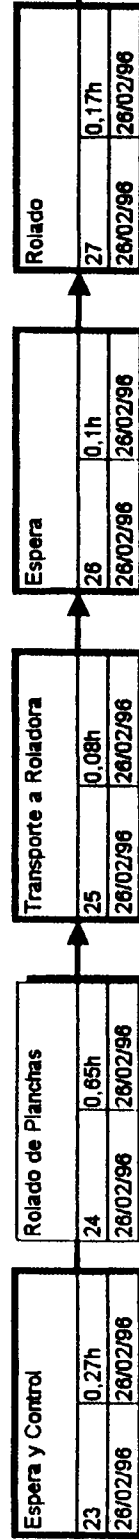
DIAG. PERT 2

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



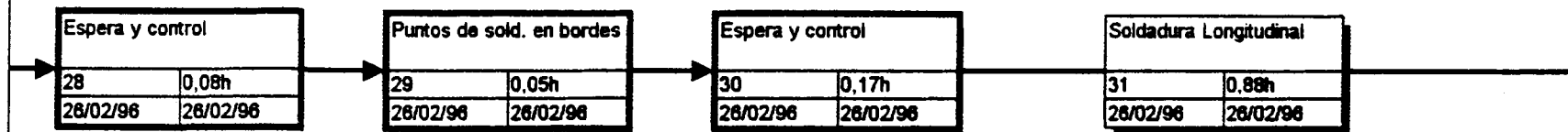
DIAG. PERT 3

FIG. 2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



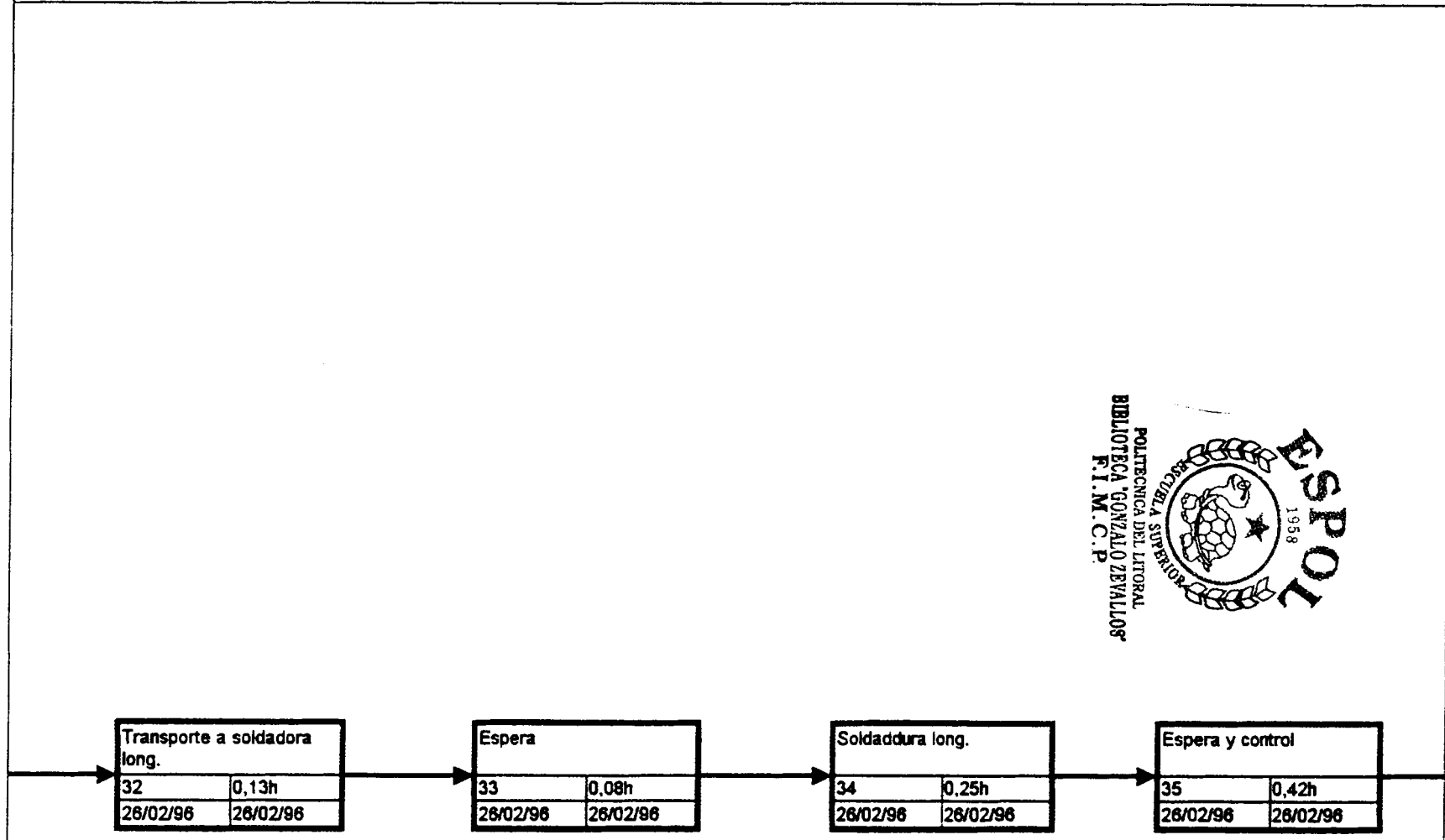
DIAG. PERT 4

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



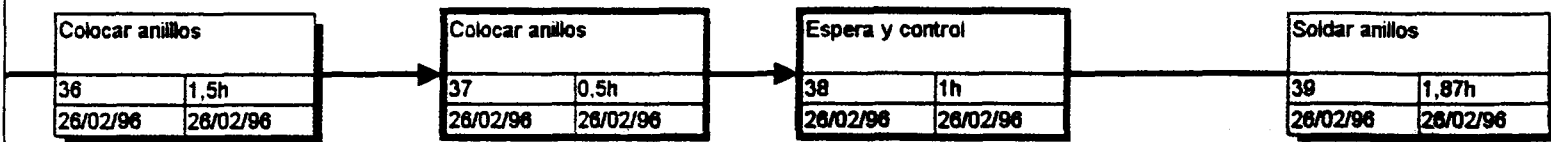
DIAG. PERT 5

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



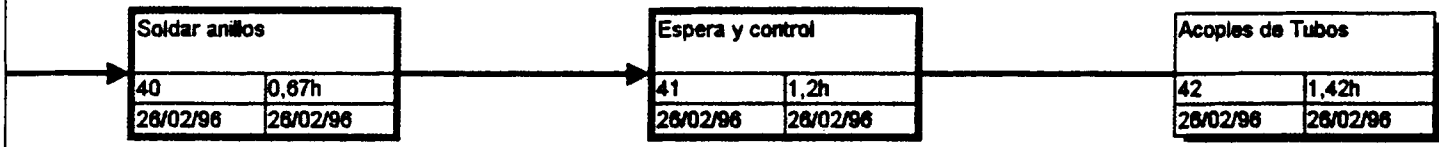
DIAG. PERT 6

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



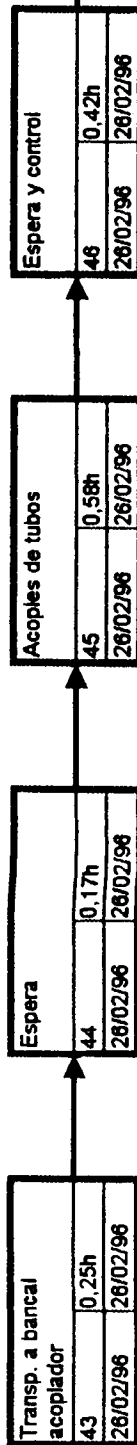
DIAG. PERT 7

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



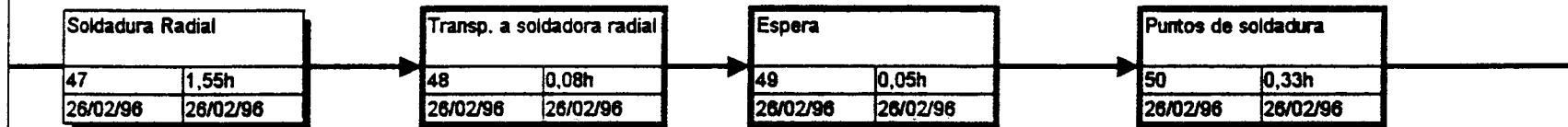
DIAG. PERT 8

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



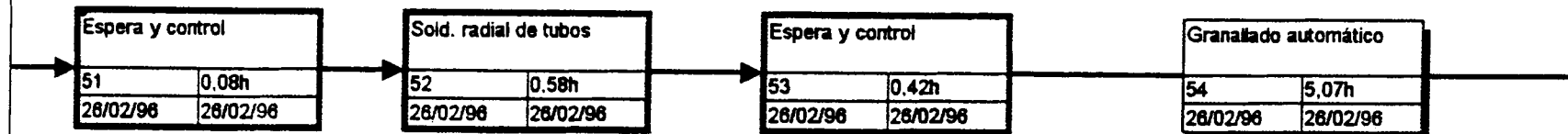
DIAG. PERT 9

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



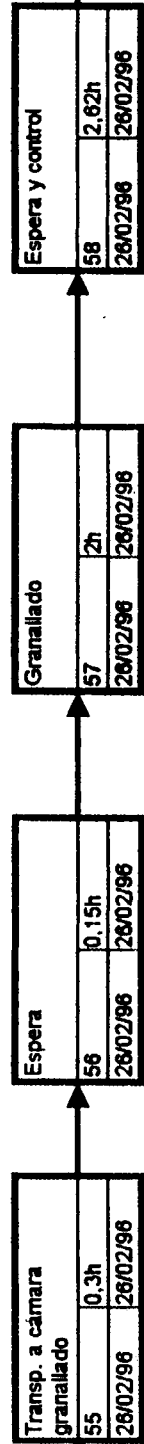
DIAG. PERT 10

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



DIAG. PERT 11

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



DIAG. PERT 12

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



DIAG. PERT 13

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)



DIAG. PERT 14

FIG.2.3 DIAGRAMA DE PERT(REF. 7)

en donde:

Nombre: significa el nombre de cada tarea.

Id: es el identificador de cada tarea.

Comienzo/Fin: significa el inicio y final de cada tarea (fecha).

Duración: es el tiempo que se demora para completar una tarea.

Tarea crítica: es la tarea que se debe completar para que el proceso finalice a tiempo.

Tarea no crítica: es la tarea independiente que no depende de la programación.

Hito: punto de referencia que marca el inicio y fin del diagrama de PERT.

Tarea de resumen: es una tarea que se compone de subtareas.

Subproyectos: en este estudio no existen proyectos que se utilicen dentro de otro.

Tareas marcadas: no existe, por no haber tareas notables, sino críticas.

Proyecto: Fecha: 7/06/86	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Nombre</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Id</td> <td style="width: 50%;">Duración</td> </tr> <tr> <td>Comienzo</td> <td>Fin</td> </tr> </table>	Nombre		Id	Duración	Comienzo	Fin	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tareas críticas</td> <td style="width: 50%;">Hitos</td> </tr> <tr> <td>Tareas no críticas</td> <td>Tareas de resumen</td> </tr> </table>	Tareas críticas	Hitos	Tareas no críticas	Tareas de resumen	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Subproyectos</td> <td style="width: 50%;">Tareas marcadas</td> </tr> </table>	Subproyectos	Tareas marcadas
Nombre															
Id	Duración														
Comienzo	Fin														
Tareas críticas	Hitos														
Tareas no críticas	Tareas de resumen														
Subproyectos	Tareas marcadas														
DIAG. PERT 15															



Las principales ventajas del diagrama de PERT puede resumirse como sigue :

- Ayuda a crear y afinar la programación
- Permite presentar de modo ordenado y bien visible los grandes proyectos o programas y las dependencias de las actividades que los componen.
- Ayuda a vincular tareas para especificar la secuencia de tareas y además, determinar las fechas de comienzo y fin.
- Muestra gráficamente las tareas completadas.
- Ayuda estimar mejor la duración total del programa o proyecto y la probabilidad del cumplimiento de los plazos fijados.
- Acepta los cambios con facilidad.

La desventaja del diagrama de PERT/Ruta Critica es que utiliza un solo tiempo probable para cada tarea y adolece de falta de comprobación empírica de la lógica del diagrama.

En la figura 2.4 se presenta los pasos a seguir para tener una buena planeación en el proceso de fabricación de la tuberías metálicas, en donde se indica el inicio del proyecto, pasando por la elaboración del plan de trabajo, costos, personal, material y por último el objetivo del proyecto, que en éste caso obtener el tubo metálico.

En la tabla VI se presenta las tareas de nivel superior para este proyecto.

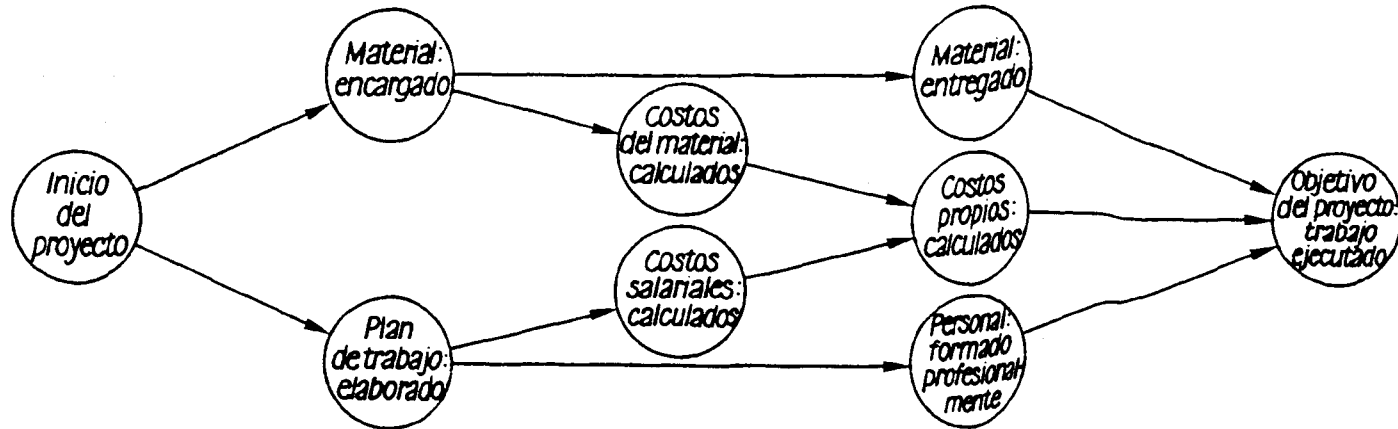
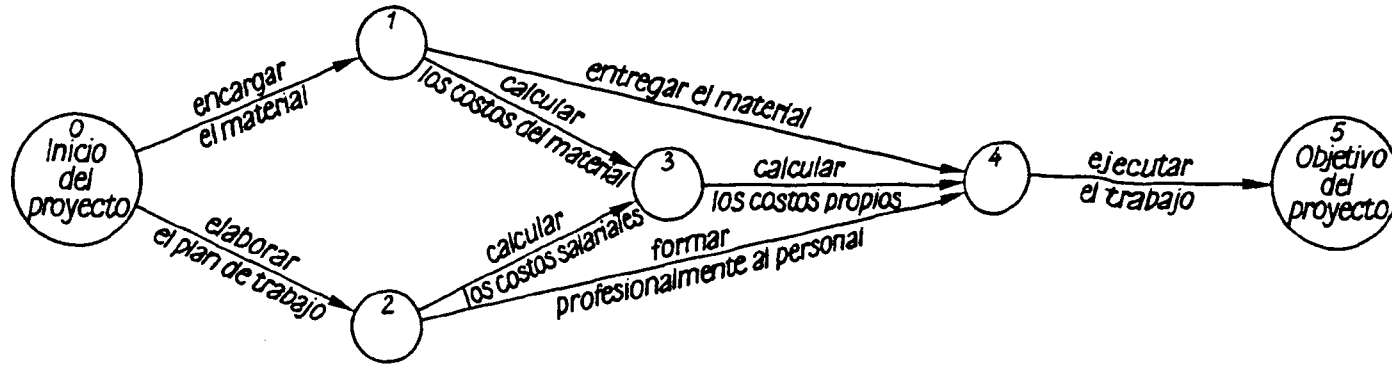


FIG. 2.4 PASOS PARA REALIZAR LA PROGRAMACION (REF. 7)

TABLA VI

TAREAS DE NIVEL SUPERIOR PARA LA FABRICACION DE TUBERIAS METALICAS (REF. 7)

Id	NOMBRE DE TAREA	DURACION
1	Inicio	0 hrs
2	Corte de las planchas	0,55 hrs
11	Fabricación de anillos	0,33 hrs
19	Plegado de planchas	0,58 hrs
24	Rolado de planchas	0,6 hrs
31	Soldadura Longitudinal	0,6 hrs
36	Colocar anillos	1,5 hrs
39	Soldar anillos	1,87 hrs
42	Acoples de tubos	1,33 hrs
47	Soldadura radial	1,33 hrs
54	Granallado automático	5 hrs
59	Revestimiento interior y exterior	4 hrs

2.4 DEFINICIÓN DEL EQUIPO A UTILIZARSE.

En esta parte del proceso se establece el equipo, sus características técnicas y su función básica dentro del proceso. El cual comienza desde la máquina que corta las chapas de acero pasando por el equipo de conformado, el de soldadura fundamentalmente, el de acabado superficial y finalmente el de transporte interno.

2.4.1 CORTE DE PLANCHAS.

MESA DE CORTE :

En la mesa de corte, se realiza como su nombre lo indica, el corte de las planchas que van a ser usados en la fabricación de tuberías.

Antes de cortar se procede a verificar la escuadra de la chapa y si las medidas coinciden con lo especificado en los detalles de fabricación. Además se debe verificar que la escuadra esté a 90 grados, teniendo una tolerancia de ± 1.5 mm. En la fig. 2.5 se puede observar el tipo de mesa de corte que puede ser usada en el corte de planchas.

EQUIPO DE CORTE:

El corte se lo realiza en un coche de corte con un soplete de oxipropano con bisel o no.

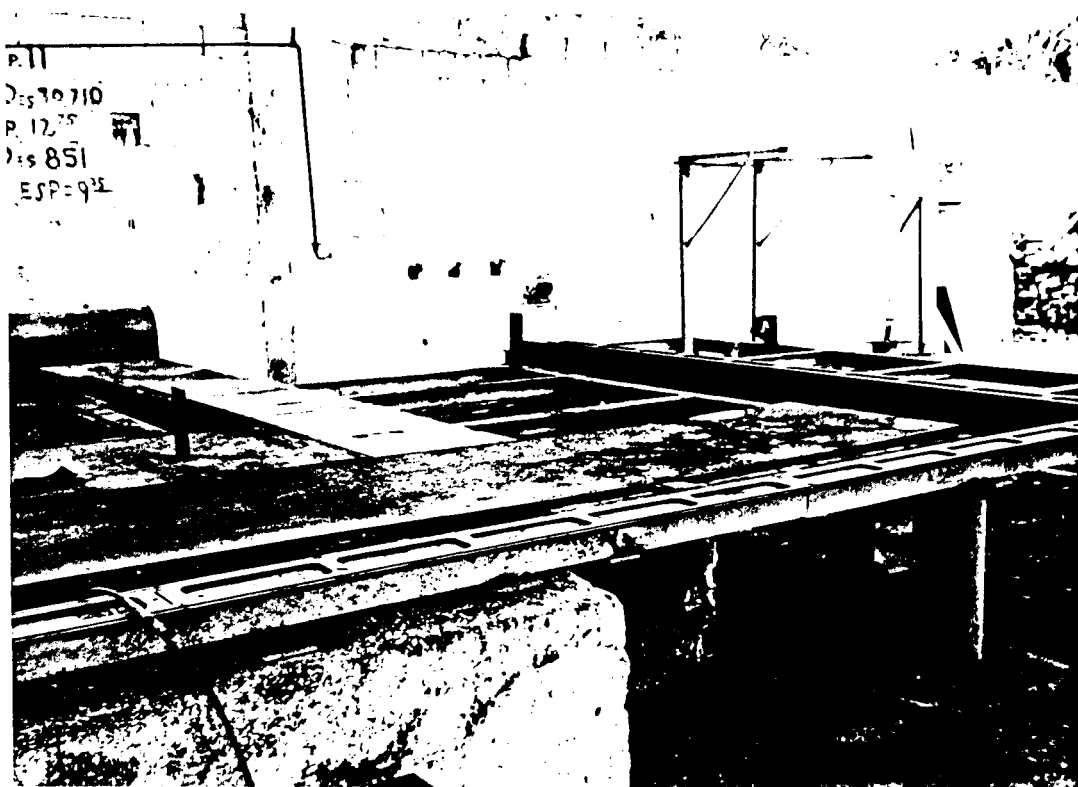


FIG. 2.5 MESA DE CORTE

El coche es de velocidad constante montado sobre rieles, el mismo tiene una regulación de boquilla que le permite cortar inclinado para biseles.

Este coche es capaz de hacer cortes de forma complicada y de tan alta calidad y exactitud que no se requiera acabado adicional. Debido a que esta máquina de corte está frecuentemente equipada con más de un soplete de corte, controlado y guiado centralmente, al mismo tiempo pueden cortar con oxígeno varias formas idénticas, con lo cual se consigue una marcada economía y alta producción. En la tabla VII se presenta las características técnicas del coche de corte.

2.4.2 CONFORMADO DE PLANCHAS

MAQUINA PLEGADORA.-

En una prensa de doblar o Plegadora, es una máquina tal como su nombre lo indica, para doblar con ciertos ángulos de acuerdo con las especificaciones requeridas. Normalmente el bastidor de la máquina es de fundición o de chapa soldada. El porta-punzones se desliza entre dos guías verticales y puede ser regulado por medio de un sistema de planos inclinados.

La plegadora se acciona por medio de un motor eléctrico que transmite el movimiento al volante mediante correas. Con un embrague regulable es posible acoplar el movimiento de rotación al árbol principal, y desde éste, a través de un



reductor, al árbol porta-excéntricas, que es el que acciona el carro portapunzones por medio de dos bielas. (REF. 8).

El acoplamiento del embrague se realiza por medio de un servomando electroneumático que se activa por medio de pulsadores manuales o del pulsador de pie, según convenga.

El descenso del carro se realiza en virtud de una presión continua y puede ser detenido en cualquier posición.

El retorno hasta el punto muerto superior, donde se para automáticamente, es también automático. Con dispositivos especiales puede efectuarse el acercamiento del portapunzón con tino y también con acercamientos y retorno rápidos.

La carrera lenta sólo se produce en la fase de trabajo. La carrera del acercamiento rápido y la carrera de trabajo pueden variarse convenientemente. El servomando va provisto de un dispositivo de seguridad contra las sobrecargas, constituido por un limitador automático de presión máxima que permite a la máquina funcionar de acuerdo con límites de carga preestablecidos (REF. 8).

Este equipo tiene una plantilla para controlar la punta de la chapa y que tenga el radio interior de la tubería, que es la función básica de la plegadora.

Para luego pasar a la roladora y sea más fácil introducirla entre los rodillos de la roladora.

En la tabla VIII se presentan las características técnicas de la máquina plegadora y en la fig. 2.6 se observa una máquina plegadora.

ROLADORA .-

Los mismos conceptos y consideraciones expuestos para el doblado son válidos para el curvado o rolado. Esta operación se distingue del doblado por su distinta función característica.

La roladora realiza el curvado de la chapa por medio de grupos de cilindros que pueden disponerse según se expone en la figura 2.7. Tiene un apoyo ajustable giratorio para que la plancha siga sin deformarse hasta obtener la forma del tubo.

Con la disposición de los rodillos indicados en 1, los dos cilindros A1 y A2 son motores y giran según indican las flechas. El cilindro superior A3, que presiona la chapa, sigue el movimiento de rotación y produce el curvado deseado. Este cilindro A3, se puede regular verticalmente y es desplazable.

Con la disposición de los rodillos indicados en 2, los dos cilindros B1 y B2 son motores y aprisionan la chapa obligándola a avanzar. El otro cilindro B3 produce el

TABLA VII

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL COCHE DE CORTE (REF. 2)*

ESPESOR, Pulg.	1/2 (12mm)
Velocidad, Pulg/min, manual	16-18
Velocidad, Pulg/min, a máquina	20-26
Consumo de oxígeno, Pie**3/h	50-90

* Multiplicar pulg/min por 0.0254 para m/min;
pie**3/hr por 0.027 para m**3/hr

TABLA VIII

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA PLEGADORA. (REF. 1)

CAPACIDAD DE PRENSADO	400 TN
CARRERA DE PRENSA	20 cm
ANCHO DE MATRIZ	3 mts.

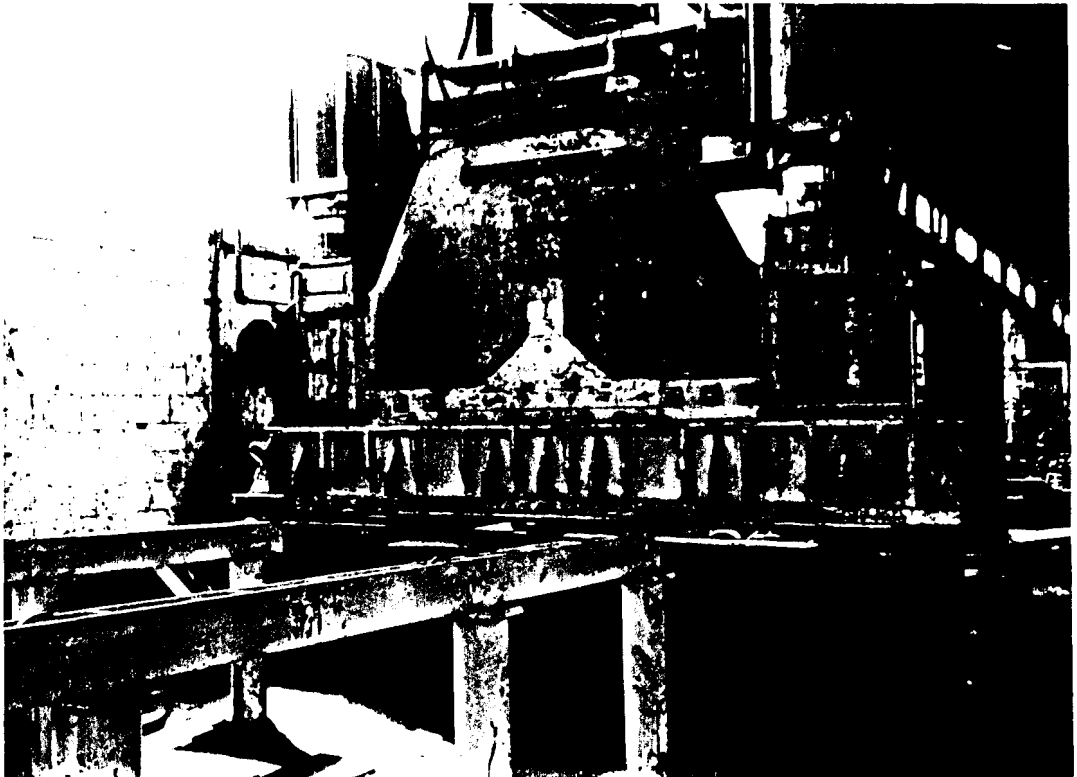


FIG. 2.6 MAQUINA PLEGADORA

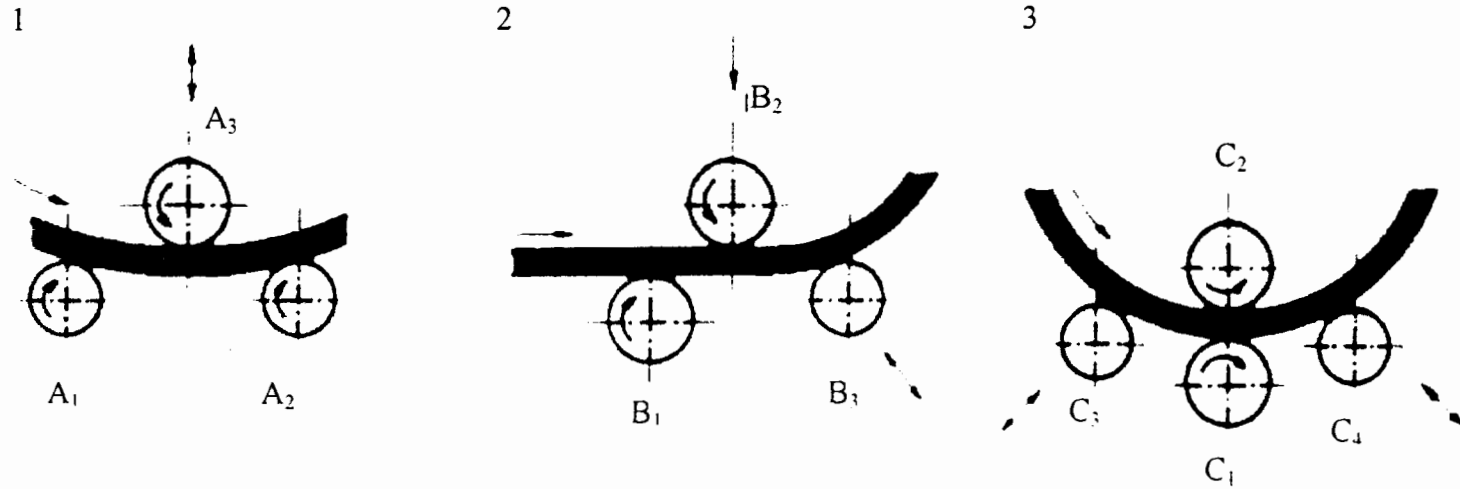


FIG. 2.7 DISPOSICIONES DE LOS CILINDROS DE UNA ROLADORA (REF. 8)

curvado. Para contrarrestar el empuje del cilindro B3, que actúa según indica la flecha, se hace retrasar el cilindro B1 respecto al B2.

Con esta disposición, se tiene la ventaja de poder dar a las chapas delgadas un radio de curvatura igual al del cilindro, no siendo esto posible en la disposición 1.

Con la disposición de los rodillos en 3, los dos cilindros C1 y C2 son motores, haciendo avanzar la chapa que aprisionan según indica el sentido de las flechas.

Los otros dos cilindros C3 y C4 son los que fijan el radio de curvatura, haciéndolo independientemente y al mismo tiempo.

Esta regulación presenta la ventaja de permitir curvados cónicos y también del mismo radio que los cilindros.

Para los tubos cónicos se inclina el rodillo superior mediante un dispositivo creado para el caso.

La máquina curvadora o roladora llega a curvar chapas de un espesor de hasta 20 mm y una longitud de 1500 a 2500 mm. En la fig. 2.8 se muestra una máquina Roladora.

En la tabla IX se presentan las características técnicas de la roladora.

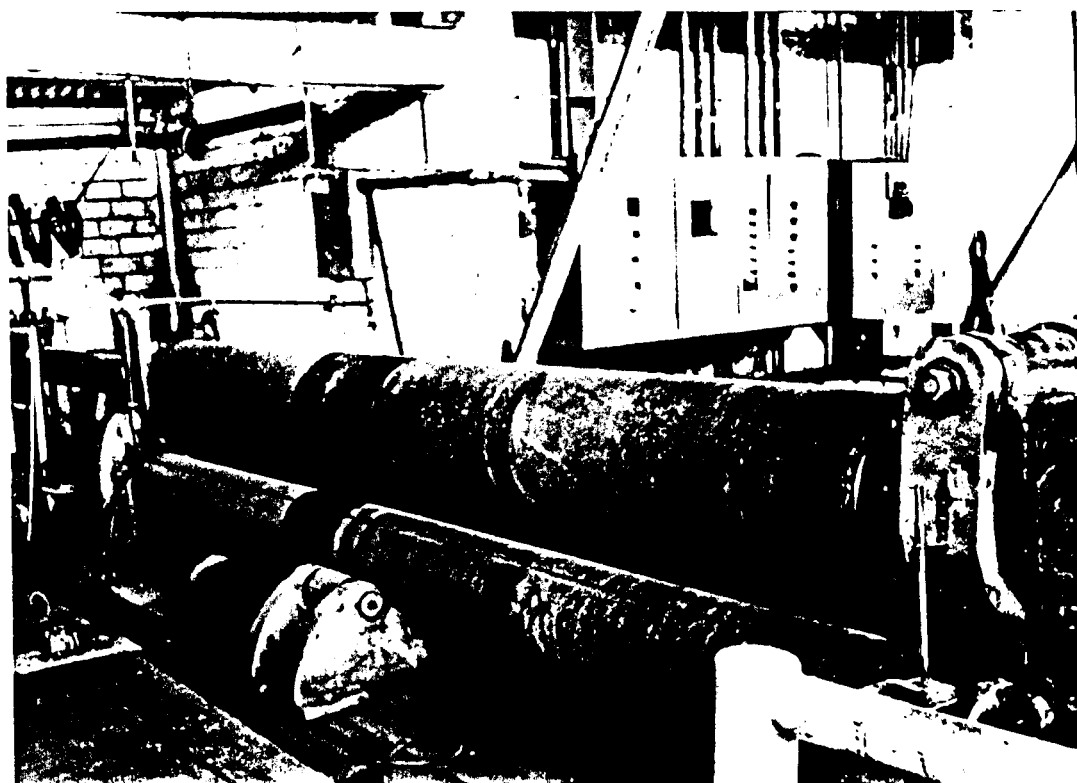


FIG. 2.8 MAQUINA ROLADORA



TABLA IX

**CARACTERISTICAS TECNICAS
DE LA ROLADORA. (REF. 1)**

Capacidad de planchado de rollo	3/4 pulg. (19mm) en 3 mts. de longitud.
Motor	De arranque elevado de 200 HP.
RPM	1200 (Lento)
Longitud de rollo	4.80 mts.
Rollo Superior	530 mm de diámetro.
Velocidad tangencial de cilindros	2.4 y 4.2 metros/minuto.

2.4.3 SOLDADURA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE SOLDADURA.-

Punteado de rolas y soldadura de postizos en los extremos.

- DOS SOLDADORAS

Marca : LINCOLN ARC WELDER

MOD. SAE400

Capacidad. Max. 400 Amp - 40 Volts.

Tipo: Generador.

Soldadura Longitudinal.

- DOS SOLDADORAS PARA ARCO SUMERGIDO

Con las siguientes características :

FUENTE

Marca: LINCOLN WELD

Mod: SA - 800 DC WELDER

Nema : CRASSI (80)

Código : 7834 -0

Serial: A - 830820

RPM: 1800

ALIMENTADOR DE ALAMBRE

Marca : LINCOLN WELD

Mod: NA - 3S SOLID - STATE

AUTOMATIC WIRE - FEEDER

POSICIONADOR

Marca : PANDJIRIS

Mod: MANP - 400

Armado de tubos, soldadura radial y reparación.

- TRES SOLDADORAS PARA ARCO SUMERGIDO.

Con las siguientes características:

FUENTE

Marca: LINCOLN WELD

Mod : SA - 800 DC WELDER

Nema : CRASSI (80)

Código : 7834-0

Serial : A - 830820

RPM : 1800

ALIMENTADOR DE ALAMBRE

Marca : LINCOLN WELD

Mod : NA-38 SOLID-STATE

AUTOMATIC WIRE - FEEDER



POSICIONADOR

Marca : PANDJIRIS

Mod: MANP - 400

- UN HORNO DE SECADO PARA FUNDENTE

Marca : DRY ROD

Tipo : 950 - FX

Mod : 5

Rango : 100 F - 450 F

CAPACIDAD : 3000 Watts

- DOS SOLDADORAS

Marca : LINCOLN IDEALARC

Mod. DC - 600

Capacidad : 500 Amp - 40 Volts.

El equipo de soldadura realiza la costura o el cordón en la parte interior y exterior de los tubos tanto para la soldadura longitudinal como para la circunferencial. También se utiliza este equipo para soldar los rigidizadores que están acoplados en los tubos. La soldadura es automática por arco sumergido.

Las máquinas de soldar de corriente directa para soldadura de arco sumergido son más versátiles que las de corriente alterna. Tienen un intervalo de corriente más amplio, pueden usarse para soldar con cualquier tipo de electrodo, y se prefieren generalmente para la soldadura fuera de posición (vertical o de sobrecabeza), la soldadura de tuberías, y en donde quiera que se necesita recurrir a la polaridad invertida

2.4.4 ACABADO SUPERFICIAL

El equipo de acabado superficial consiste de dos partes el uno de la cámara de granallado y el otro equipo es el de pintura.

En la Tabla X se presentan las características Técnicas que debe tener la Cámara de Granallado para extraer todo el óxido existente en la superficie de la tubería metálica.

EQUIPO DE PINTURA .-

El equipo utilizado es :

TABLA X

CARACTERISTICAS TECNICAS DE DE LA CAMARA DE GRANALLADO (REF. 1)

CAMARA DE GRANALLADO:	LOGRA
LA TEMPERATURA MAYOR A.	16 grados oC
HUMEDAD RELATIVA:	85 %.
PARTICULAS DE ACERO	-----
PRESION DE SALIDA	90 Lbs.
2 BRAZOS, CON BOQUILLAS PARA BOMBARDEAR PARTICULAS	de 12 metros.
TIEMPO DE GRANALLADO	2 HORAS EN 12 mts. LONG.

RASGADOR CALIBRADO : Realiza un corte a una cuadrícula de 1.5 mm.

Sirve para aceptar o no la pintura

2.4.5 TRANSPORTE INTERNO.

El transporte interno es el que se utiliza durante todo el proceso de fabricación. En la fábrica se utilizó siempre tres puentes grúas de 3, 8 y 10 Toneladas.

El puente grúa utilizado es un vehículo para elevar, transportar y descender cargas. Consiste en un puente soportado por ruedas en sus extremos que lleva un aparejo elevador y se mueve sobre una vía elevada o aérea. La unidad elevadora puede estar fija en relación con el puente; aunque, por lo general, está soportada sobre ruedas, a fin de que pueda recorrer la longitud del puente.

CAPITULO III



PROCESO DE FABRICACIÓN Y ACOPLAMIENTO ENTRE

VIROLAS

3.1 RECEPCIÓN DE PLANCHAS.

El primer paso en la fabricación de tuberías metálicas es la revisión de las marcas de indentificación de planchas respecto a su certificado. Estos certificados son los que vienen adjuntos con las planchas cuando se realiza un pedido a los fabricantes de las mismas.

Cuando se va a hacer uso de las planchas lo primero que hay que verificar es que la identificación de ellas coincidan con su certificado. La identificación de las planchas es por medio de marcas en alto relieve comprendidas por un rectángulo de tinta amarilla, conteniendo las siguientes informaciones:

- fecha de fabricación
- número de serie en la fabricación (número de chapa dentro de la colada)
- espesor nominal.

Los certificados de las planchas de acero se presentan en el anexo B; en ellos vienen especificados las características mecánicas del material, las composiciones promedio que sacan de cada colada y medidas de las planchas. Para cada colada viene también especificada la cantidad de planchas que resultan de ella.

El Supervisor de Recepción de las Planchas deberá asegurar que las planchas adquiridas para la fabricación de tuberías, no podrán ser utilizadas o procesadas hasta que no se hayan realizado las inspecciones y controles necesarios para determinar su conformidad con las especificaciones.

3.2 FABRICACIÓN DE VIROLAS.

En esta parte del proceso de fabricación se hablará del procedimiento de corte de las planchas de acero para fabricar las virolas. También se estudiará el procedimiento de Plegado o Curvado de las virolas.

Se hará un seguimiento del rolado y del procedimiento de soldadura longitudinal cuando la chapa se encuentre doblada.

3.2.1 CORTE DE PLANCHAS.

Previo al corte de las planchas se realiza un control dimensional el cual ha sido elaborado en base a las especificaciones técnicas contractuales y de acuerdo al

plan de aseguramiento de calidad, este trabajo debe ser hecho bajo la responsabilidad de un supervisor.

El control dimensional que se realiza previo al corte, consiste en verificar :

- Que la plancha esté alineada.
- Que la plancha cumpla con requerimientos de dimensiones.
- Que se remuevan todas las irregularidades y escamas provenientes del corte por medio de esmerilado o raspadura.



Una vez realizado el control previo al corte se procede a colocar la plancha en la mesa de corte y se realiza la escuadra de las planchas para que estén a las medidas requeridas en los planos de fabricación de tuberías y se procede al corte por medio del equipo de corte.

Después se vuelve a medir las planchas una vez que se haya realizado el corte, para verificar que la plancha cumpla con las medidas requeridas. Los requerimientos son los siguientes:

- La plancha puede ser aceptada al realizar el control dimensional siempre y cuando se encuentre dentro de los rangos establecidos en las tolerancias
- Verificar ambos lados de las planchas (inclinación de las caras)
- Las irregularidades en los extremos de las planchas.

Luego de haber realizado este tipo de control se procede a codificar las planchas de acuerdo a las especificaciones del plano, que es la misma para todo el proceso de fabricación.

Si el plano de fabricación especifica que los bordes de las planchas tienen que ser biselados, se deberá controlar que estos sean hechos a la medida correcta; caso contrario tienen que ser enteramente uniformes y presentar línea recta en toda su longitud.

El control dimensional implica gran cantidad de tiempo en su realización, sin embargo, evita que en puntos posteriores como lo es el acoplamiento de tubos, en la inspección final o cuando ya esté en línea la tubería, tenga que ser rechazada.

.3.2.2 PLEGADO DE PLANCHAS.

El método que se usará para pre - curvar todas las planchas es el plegado. Esta etapa consiste básicamente en controlar que la presión que se ejerce durante el doblado debe ser la suficiente para garantizar una curva exacta y uniforme en los bordes de las planchas.

No se debe permitir el uso de martillos, ya sea para arreglar la conformación de las extremidades o para corregir deformaciones. (AWWA, Sec. 3.2).

Una manera de garantizar que la curva sea exacta y uniforme es por medio de una plantilla semicircular.

Esta plantilla tiene que ser cortada al mismo diámetro interior del tubo a fabricarse y una vez que se ha realizado el plegado de la plancha, debe ser colocada en el borde. Ambas tienen que coincidir.

Además se debe controlar que las superficies de las matrices de la plegadora, estén libres de astillas, escorias de metal u otro material que se haya acumulado durante la operación, ya que si estas se incorporan a la superficie de los tubos, la consecuencia será la reparación del caso.

3.2.3 ROLADO DE PLANCHAS

El Rolado comienza con un control de arranque, porque de ello depende que la plancha tenga el diámetro deseado, ya que a medida que se va rolando la plancha tiene que soportar la deformación del peso de la misma. Para ir controlando la curvatura deseada, se puede hacer uso de las mismas plantillas anteriores para el mismo diámetro de tubo. En la fig. 3.1 se muestra el proceso de rolado para tuberías metálicas.

Para evitar la deformación que pudiera existir por el peso de la plancha sería conveniente el uso de un apoyo rodante para que el mismo ayude a que la plancha

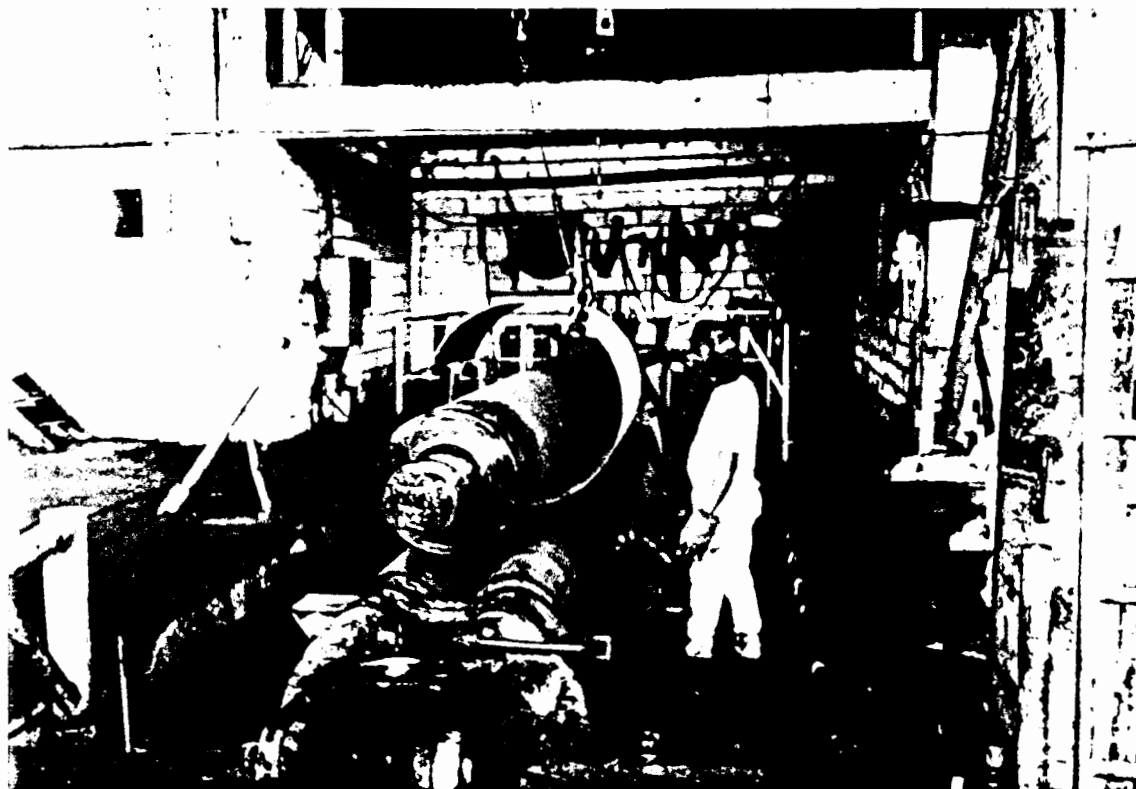


FIG. 3.1 PROCESO DE ROLADO EN TUBOS METALICOS.

siga sin deformarse; sobre todo cuando se trata de tubos de diámetro grande, ya que éstos tienden a caerse.

La función de este apoyo es disminuir la longitud de la viga permitiendo la formación de la circunferencia y debe ser colocado dependiendo del diámetro del tubo que vaya a fabricarse. Es por esta razón que el apoyo tiene que ser rodante.

Después se verifica que han sido removidas las escamas y los cuerpos extraños acumulados durante el proceso de formación de los tubos a través del rolado.

Una vez que ha sido rolada la plancha es necesario retener los bordes en una posición alineada; una manera de conseguirlo es empleando puntos de soldadura, siempre que el espesor de los puntos de soldadura se funda completamente y se incorpore en el cordón de soldadura final, sin perjudicar su resistencia.

El método empleado debe producir un tubo acabado, con sección transversal circular en toda su extensión. El intervalo de puntos de soldadura en toda la longitud del tubo debe ser de 20 a 30 cm. Una vez realizado los puntos de soldadura nuevamente se debe proceder a realizar control de curvatura para comprobar que el tubo cumple con las especificaciones de diámetro interno requerido.

Si el supervisor de rolado comprueba que el tubo no tiene el diámetro deseado



debe iniciar acciones correctivas para evitar su repetición. En este caso lo que se debería hacer es aumentar o disminuir la presión a la máquina, según sea el caso. Un aumento de presión disminuye el radio de curvatura y viceversa.

3.2.4 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA LONGITUDINAL.

La soldadura longitudinal en los tubos debe ser razonable tanto en lo ancho como en lo alto; y esto será realizado por medio automáticos; excepto que por acuerdos entre el comprador y el fabricante, se aceptará la soldadura manual por procedimientos y soldadores calificados.

Para garantizar la calidad de las soldaduras, es necesario realizar el siguiente procedimiento :

a) Calibración de maquinaria: Es una calibración que debe realizarse diariamente a la máquina automática de soldar y que debe ser realizado por el mismo operador de la máquina. El operador antes de empezar a soldar debe controlar soldando una pequeña probeta, que se cumplen normalmente los parámetros de la máquina. Los parámetros que el operador debe controlar son de voltaje, corriente, velocidad.

En la tabla XI se indica los parámetros que debe tener la máquina para soldar por arco sumergido automático para soldadura longitudinal.

TABLA XI

PARAMETROS PARA LA SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO
(REF. 2)*

ESPESOR	SOLDADURA O TIPO DE JUNTA	ABERTURA DE RAIZ (PULG.)	CORRIENTE (AMP)	VOLTIOS DEL ARCO	VELOCIDAD (PULG./MIN.)	ELECTRODO DIAM. (PULG.)	LB/PIE DE SOLDADURA
CALIBRE 16	Ranura cuadrada	0 -1/32	250 -350	22 - 24	100-150	3/32-1/8	0.015-0.020
CALIBRE 14	Ranura cuadrada	0 -1/32	325-400	24 - 26	100-120	3/32-1/8	0.020-0.015
CALIBRE 12	Ranura cuadrada	0 -1/32	350 -500	24 - 30	75-120	1/8	0.027
CALIBRE 10	Ranura cuadrada	0-1/16	575 -650	24 -31	60-100	1/8	0.05
3/16 PULG.	Ranura cuadrada	0 -1/16	575 -700	25 - 31	40-65	5/32	0.07
1/4 PULG.	Ranura cuadrada	0- 3/32	750 -850	25 - 35	30-40	3/16-7/32	0.10
5/16 PULG.	Ranura cuadrada	0-3/32	800 -900	26 - 36	26-30	3/16-7/32	0.25
1/4 PULG.	V sencilla	0	625 -825	25 - 32	28-50	5/32-3/16	0.10-0.23
3/8 PULG.	V sencilla	0	900 -1100	28 - 36	24-47	1/4	0.16-0.35
1/2 PULG.	V sencilla	0	1075	30	19	1/4	0.38

* Multiplicar pulg. por 25.4 para mm; pulg./min por 0.0254 para m/min; lb/pie por 1.49 para kg/m

POLITECNICA DEL LITORAL
 BIBLIOTECA GONZALO ZEPALLA
 F.I.M.C. 39



b) Chequeo de las juntas preparadas: Este chequeo debe ser hecho por el ayudante del operador de la máquina y debe ser realizado para cada tubo. El chequeo es el siguiente:

- Control del bisel: Se debe controlar que el bisel para dicho tubo corresponda al que se requiere en el plano de fabricación y al procedimiento aprobado.

- Limpieza: Antes de iniciarse la soldadura, se deben limpiar completamente las superficies de todas las planchas a ser soldadas, removiéndose las escamas y la herrumbre por medio mecánico adecuado, a una distancia nunca inferior a 1 " de las juntas de la plancha y, en caso de aceite o grasa, a distancia nunca inferior a 3 " de las juntas de las planchas y ambos lados de las planchas en el caso de juntas a tope.

- Controlar la temperatura de precalentamiento del material: Con el uso de un lápiz el ayudante del operador debe verificar que la temperatura de precalentamiento es la misma que la especificada en los procedimientos de soldadura respectivo, tanto para la soldadura interior como para la exterior.

c) Control de operadores de máquina: Este control es realizado por el supervisor de soldadura y consiste en verificar que el operador y sus ayudantes cumplan con el procedimiento establecido.



d) Control de soldaduras: Los tubos deben ser soldados interior y exteriormente. Se debe limpiar cuidadosamente cada aplicación de metal de soldadura depositada, antes que se realice otra aplicación en la superficie.

Esta limpieza debe ser realizada sobre todo en los extremos del tubo donde se está aplicando la soldadura.

Las aplicaciones de soldadura superpuestas acabadas deben centrarse en la costura y la junta acabada no debe presentar depresiones, machaqueos, derrame, irregularidades resultantes de la soldadura, salvo el espesor excedente necesario.

Todas las soldaduras deben tener fusión completa con el metal de base y no deben presentar grietas, óxidos, adherencia de escorias ni porosidades.

Una manera de lograr fusión completa es haciendo uso de corrientes bajas en la soldadura interior y corrientes más altas en la exterior, según lo especificado en los procedimientos.

El sobreepesor de las soldaduras no debe ser superior a 2 mm. Deberá removerse los que sobrepasen los 2 mm de altura, por medio de esmeril o tajadera.

Asimismo en todas las soldaduras longitudinales interiores del tubo, el sobreepesor no será mayor de 1.5 mm.

3.3 FABRICACIÓN DE RIGIDIZADORES

Una vez formada la virola se debe proceder a colocar unos puntales interiores cuyo objetivo es el de mantener rígido el tubo para poder colocar los anillos o rigidizadores de refuerzo.

La fabricación de los rigidizadores será del mismo material del tubo. Son pedazos de metal que deben tener la curvatura del tubo y deben cubrir toda la tubería, en total son 6 pedazos de metal y serán soldados uno con otro y también con la superficie del tubo.

Estos puntales deben tener la misma medida que el diámetro del tubo. Los anillos de refuerzo pueden ser soldados por medios automáticos, excepto que por acuerdos entre el comprador y el fabricante, se aceptará la soldadura manual.

3.4 ACOPLAMIENTO DE RIGIDIZADORES.

El tubo así formado, es recibida por el supervisor de armado y en el momento de acoplar lo ubica de acuerdo al plano de fabricación. En el acoplamiento de rigidizadores debe realizarse un control dimensional que es el siguiente :

Control dimensional : el cual incluye la verificación de que los anillos estén colocados a la medida que se necesita y que la posición de la soldadura

longitudinal sea la adecuada de acuerdo al eje de simetría.

3.5 ACOPLAMIENTO ENTRE VIROLAS.

Primeramente se realiza la alineación de los tubos la que debe hacerse por medio de un bancal de acoplamiento, con canales, el mismo que debe ser alineado y nivelado cuando se hace el montaje de la fábrica.

El hecho que el bancal de acoplamiento esté alineado, no es garantía para asegurar que los tubos a acoplarse van a quedar a la misma altura, ya que este nivel va a estar influenciado por el peso, deformación y volumen del mismo tubo.

Para el espesor de la pared de la tubería de 9.5 mm (3/8 plg.) o menos, el balance radial máximo (desalineamiento) para la tubería de acero soldada por arco sumergido y autógena - metal no excederá de 1.6 mm (1/16 plg) ; para cualquier tubería que tenga espesores mayores de 9.5 mm (1/8 plg.), el balance radial máximo no será excedido de 3.2 mm (1/8 plg.).

La manera de solucionar el inconveniente de desalineamientos no permitidos es por medio de una gata hidráulica que será la encargada de poner en posición correcta los tubos. Se debe asegurar los tubos estén lo más próximos posible para asegurar una junta a tope completa. La distancia entre ambos no debe ser mayor a 2 mm para garantizar que no exista luz entre ambos tubos.

Si por razones de conformado la junta queda abierta más de la cuenta (máximo 1 mm) se deberá dar un paso de fundeo o pase de raíz.

Antes de pasar a la estación de soldadura circunferencial, el tubo debe ser punteado en todas las uniones circunferenciales para poder ser trasladado, ya que no se lo puede soldar en el sitio de armado por estar en un bancal fijo.

3.6 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA CIRCUNFERENCIAL.

Antes de procederse a soldar circunferencialmente interior y exteriormente se debe tener en cuenta lo siguiente: Se deberá controlar que las juntas estén lo más próximas posibles, que no exista luz entre las juntas y el alineamiento de los tubos.

Al soldar circunferencialmente se debe establecer un control de las juntas preparadas: Este control debe ser hecho por el ayudante del operador de la máquina de soldadura. El control es el exactamente el mismo que para las soldaduras longitudinales y es el siguiente:

- Control del bisel.
- Limpieza de superficie.
- Control de temperatura de precalentamiento del material.
- Control de operadores de máquina.
- Control de soldaduras.

Asimismo como en la soldadura longitudinal el sobreespesor de las soldaduras exteriores no debe ser superior a 2 mm y en las interiores del tubo, el sobreespesor no será mayor de 1.5 mm.

La fig. 3.2 muestra la manera de soldar circunferencialmente un tubo por medio de una máquina automática de arco sumergido.

3.7 CONTROL DE SOLDADURA.

Cuando se encuentre deficiente una soldadura, en cuanto a su calidad o se la considere en desacuerdo con las especificaciones técnicas, se debe remover la misma por medio del proceso adecuado y se la debe efectuar de nuevo.

Al removerse parcial o totalmente una soldadura por medio de corte o esmerilado, no se debe alcanzar el metal base a un punto más allá de la profundidad de penetración de la soldadura. Tampoco se debe quemar o dañar el metal base.

Luego de esa operación, se debe remover el metal quemado completamente, hasta que los bordes de las planchas queden limpios, y preparados para la nueva aplicación de soldadura. La nueva soldadura debe ejecutarse en las mismas idóneas condiciones que la soldadura primera y se controlarán posteriormente en longitud doble, como mínimo, por radiografiado, pudiendo repetirse estas fases hasta obtener la calificación admisible.

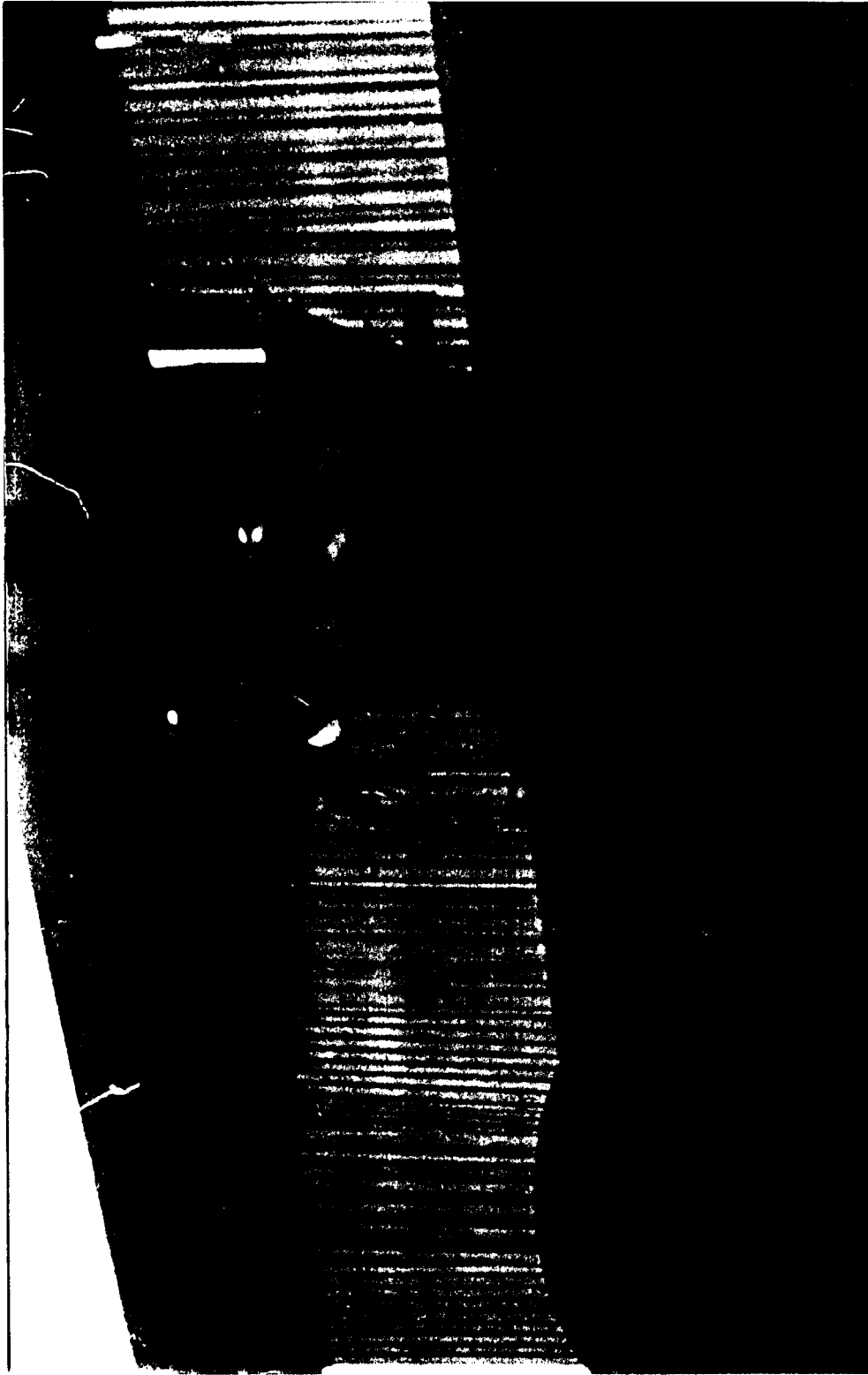


FIG.3.2 SOLDADURA CIRCUNFERENCIAL DE UNA TUBERÍA POR ARCO SUMERGIDO.

Para el control de las soldaduras, tanto longitudinales como circunferenciales, realizadas en taller o en obra, se seguirán las siguientes indicaciones:

- Soldaduras bimetálicas: 100% de líquidos penetrantes.
- Soldaduras estructurales angulares: 15% de líquidos penetrantes.
- Soldaduras estructurales al tope y angulares con penetración total: inspección por Ultrasonido.
- Soldadura estructurales al tope y angulares con penetración total: Inspección por Radiografía.
- Para la tubería Sifón : 20% de Ultrasonido; 10% Radiografía
- Para la tubería de Impulsión : 100% Ultrasonido; 10% Radiografía.

Se elaboran procedimientos de ensayos no destructivos, para realizar el control de la soldadura, los cuales se mencionan a continuación:

- Procedimiento Ultrasonido: Este procedimiento define la metodología de los ensayos y criterios de aceptación en las inspecciones por ultrasonido de uniones soldadas. Se lo aplica a uniones soldadas a penetración completa en aceros al carbono de baja y media aleación e inoxidables, utilizados en fabricación y montaje de tuberías cuyo diámetro es superior a 508 mm y de espesores de hasta 12.75 mm.

- Procedimiento Radiográfico: Este procedimiento se aplica a uniones soldadas en acero al carbono e inoxidable y en espesores de hasta 16 mm, utilizados en la fabricación de tuberías.

- Procedimiento de Líquidos Penetrantes: Define la metodología de los ensayos y criterios de aceptación por medio de líquidos penetrantes.

Al final de la fabricación, el Contratista encargado de realizar el control de toda la soldadura entregará los " Certificados de Calidad" de todas las soldaduras de obra y taller.

La repetición de ensayos mecánicos, o por ultrasonido, radiografía, etc., debido a trabajos defectuosos, será por cuenta y a cargo del contratista.

Es obligación del Fiscalizador investigar las causas de los incumplimientos en cuanto a la calidad de la soldadura y tomar las medidas correctivas que deben aplicarse para evitar su repetición .

Si la investigación refleja que hay que tomar acciones correctivas, es necesario registrar los cambios en los procedimientos ya establecidos.

Para reparar los defectos de estructuras en las soldaduras de lámina y automáticas, se usará soldadura manual (AWWA. Sec 3.3.3).

El proceso de soldadura usado será el de arco sumergido por ser uno de los métodos más usados y con aplicación en aceros dulces y de aleación, aceros inoxidables y, en grado menor, en metales no ferrosos. La tabla XII nos da variaciones típicas de corriente para los diferentes diámetros de electrodos de acero dulce. En la tabla XIII nos presenta las propiedades mecánicas para estos electrodos.

3.8 REVESTIMIENTO

Se revestirán todos los tubos internamente y externamente, según las prescripciones de la norma ANSI/AWWA C 210 (AWWA Standar for Liquid Epoxy Coating Systems for the Interior and Exterior of Steel Water Pipelines).

LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE.

La limpieza de la superficie se realizará mediante chorros de arena, escoria de cobre o granalla metálica hasta conseguir una superficie libre de óxidos, escamas, depósitos sólidos, gotas soldadura, escorias, y otros materiales extraños. Se debe realizar las siguientes inspecciones:

a) Inspección antes del arenado: Esta inspección tanto interior como exterior del tubo consiste en asegurarse de que debe estar libre de lodo, asfalto, aceite, grasa, cera u otros materiales extraños.

TABLA XII

VARIACIONES TÍPICAS DE CORRIENTE PARA ELECTRODOS DE ACERO DULCE (REF.2)

DIAM. ELECTR. PULG. (mm)	E 6010 E6011 (Amp)	E6012 (Amp)	E 6013 (Amp)	E6020 (Amp)	E6027 (Amp)	E7014 (Amp)	E7015 E7018 (Amp)	E7018 (Amp)	E7024 E7028 (Amp)
1/16 (1.6)		20 a 40	20 a 40						
5/64 (2.0)		25 a 60	25 a 60						
3/32 (2.4)	40 a 80	35 a 85	45 a 90			80 a 125	65 a 110	70 a 100	100 a 145*
1/8 (3.2)	75 a 125	80 a 140	80 a 120	100 a 180	125 a 180	110 a 160	100 a 150	115 a 165	140 a 190
5/32 (4)	110 a 170	140 a 190	105 a 180	130 a 190	160 a 240	150 a 160	140 a 200	150 a 220	180 a 250
3/16 (4.8)	140 a 215	140 a 240	150 a 230	175 a 250	210 a 300	200 a 275	180 a 255	200 a 275	230 a 305
7/32 (5.6)	170 a 250	200 a 240	210 a 300	225 a 310	250 a 350	260 a 340	240 a 320	260 a 340	275 a 365
1/4 (6.4)	210 a 320	250 a 400	250 a 350	275 a 375	300 a 420	330 a 415	300 a 390	315 a 400	335 a 430
5/16 (8.0)	275 a 425	300 a 500	320 a 430	340 a 450	375 a 475	390 a 500	375 a 475	375 a 470	400 a 525*

* Estos valores no se aplican a la clasificación E7028

TABLA XIII

PROPIEDADES MECANICAS TIPICAS DE ELECTRODOS (REF. 2)*

CLASIF. DE ELECTRODO	CONDICIONES							
	COMO SOLDADURA				ALMIVIO DE TENSIONES A 620 °C (1150 °F)			
	RESIST. A TENSION (PSI)	RESIST. A FLUENCIA (PSI)	ELONG. EN 2 PULG. (%)	IMPACTO (LB-PIE)	RESIST. A TENSION (PSI)	RESIST. A FLUENCIA (PSI)	ELONG. EN 2 PULG. (%)	IMPACTO (LB-PIE)
E6010	69.000	60.000	26	55	65.000	51.000	32	75
E6011	70.000	63.000	25	50	65.000	51.000	30	90
E6012	72.000	64.000	21	43	71.000	62.000	23	47
E6013	74.000	62.000	24	55	74.000	58.000	28	
E6020	67.000	57.000	27	50				
E6027	66.000	58.000	28	40	66.000	57.000	30	80
E7014	73.000	67.000	24	55	73.000	65.000	26	48
E7015	75.000	68.000	27	90				
E7016	75.000	68.000	27	90	71.000	60.000	32	120
E7018	74.000	65.000	29	80	72.000	58.000	31	120
E7024	86.000	78.000	23	38	80.000	73.000	27	38
E7028	85.000	78.000	26	26	81.000	73.000	26	85

*Multiplicar Psi por 6890 para Pa; pulg. por 25.4 para mm; lb-pie por 0.1383 para kg - m

BIBLIOTECA GENERAL
 POLITECNICA SUPERIOR
 F.I.M.C.P.



Si se encuentra que la superficie no está limpia, debe fregársela con paños limpios empapados de disolvente a base de alquitrán de hulla. No se permite el uso de otros tipos de disolventes y tampoco paños sucios.(REF. 1)

b) Control de la temperatura de granallado: Se debe realizar un control horario de la temperatura de granallado, la cual deberá ser mayor de 13°C de acuerdo a AWWA C-210. Esta temperatura debe ser mantenida debido a que evita la distorsión del tubo cuando se le está aplicando los chorros de granalla.

c) Análisis comparativo visual: Antes de cualquier limpieza de óxidos , se debe preparar un área representativa usando la misma granalla metálica en paneles de hierro (plantillas) en una superficie mínima de 150 mm x 150 mm x 6mm y de acuerdo a los requerimientos de la Sec. 3.3.2 (AWWA) con un espesor de 100 a 150 μm (micras).

Estas plantillas sirven de referencia para un análisis comparativo de rugosidad y granulometría con la superficie del tubo. La superficie del tubo debe quedar gris uniforme y será aceptada cuando esté cubierta por lo menos en un 95 % de cada cm^3 (645 mm^2) del área total.

d) Intervalo de tiempo entre la aplicación de la granalla metálica y la pintura: El supervisor de granallado además debe controlar que el intervalo de tiempo entre la limpieza y el recubrimiento no debe ser mayor de 4 horas según las

recomendaciones del fabricante. Un lapso de tiempo mayor implica una nueva limpieza de la superficie.

LIMPIEZA POSTERIOR AL GRANALLADO.

Después del granallado deben eliminarse de la superficie todas las partículas de polvo de abrasivo con especial atención a los rincones y cavidades, usando preferentemente un aspirador.

RUGOSIDAD.

Después del granallado, la superficie del acero debe presentar un color uniforme y un grado de rugosidad moderado y también uniforme, ya que de otra manera será difícil obtener los espesores de película especificados. EL espesor de película efectivo es el que mide sobre los picos de la rugosidad y siempre se produce un cierto consumo extra de pintura para rellenar los valles del perfil rugoso

MEDIDAS PROTECTORAS.

El acero recién granallado debe pintarse antes de que empiece a reoxidarse, lo cual sucede muy pronto, ya que el acero vivo es altamente vulnerable a los ataques de la corrosión, por lo que no debe permanecer sin pintar durante demasiado tiempo. El intervalo entre el granallado y la aplicación de la pintura depende de las

circunstancias ambientales. Así, en atmósfera limpia y con una humedad relativa por debajo del 60 - 70 %, no se produce prácticamente corrosión, y ésta es muy ligera aunque la humedad relativa sea superior.

3.8.1 REVESTIMIENTO INTERIOR Y EXTERIOR



El revestimiento o recubrimiento no es más que pintar con el material adecuado tanto por dentro y por fuera todo el tubo que ha sido fabricado.

El sistema que se utilizará para el revestimiento o recubrimiento de los tubos interna y externamente es el que se menciona a continuación. El sistema consiste en la utilización de un "primer" constituido por dos componentes químicos líquidos inhibitorios de la herrumbre y una o más capas del epoxy líquido para la pintura de acabado. Los componentes del revestimiento pueden contener elementos irritantes a la piel y pueden ser inflamables, siendo necesario tomar precauciones adecuadas.

EL PROCESO FÍSICO DE SECADO.

Este mecanismo puede también describirse como secado por evaporación. La formación de la película seca depende únicamente de la evaporación del disolvente, lo cual constituye un proceso físico. El aglutinante en la película seca es

químicamente el mismo que era en el bote de pintura. Los principales aglutinantes de secado físico son de naturaleza bastante diferente, desde los productos biluminosos hasta las resinas vinílicas y los polímeros clorados.

De entre ellos, el caucho clorado se ha hecho muy popular debido a que proporciona excelente resistencia a la corrosión.

Las pinturas de secado físico son termoplásticas(se reblandecen a elevadas temperaturas) y son también sensibles a los disolventes.(REF. 9).

PROCESO QUÍMICO DE SECADO.

Se divide en dos partes:

1.- SECADO POR OXIDACIÓN

El mecanismo de secado viene determinado por el hecho de que el aglutinante contiene aceites secantes.

Cuando se expone al aire, el aglutinante absorbe oxígeno, convirtiéndose en un producto químicamente distinto del original. Los aglutinantes de secado por oxidación más universalmente usados son las resinas alquídicas, aunque existen también otros tipos.

2. CURADO QUÍMICO.

En las pinturas de curado químico, la película se forma por reacciones químicas en el seno del propio aglutinante, reacciones que no componen absorción de oxígeno. Normalmente, la pintura se suministra en dos envases, cuyo contenido debe mezclarse antes de la aplicación. Los tipos más conocidos dentro de este grupo son las pinturas epoxy y las de poliuretano. (REF. 9).

Una especificación de pintado está constituida por una serie de instrucciones y recomendaciones que comprenden:

La previa y necesaria

PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

para un determinado

SISTEMA DE PINTADO,

con la inclusión de una posible

IMPRIMACION DE TALLER(si es necesario),

indicando los máximos y mínimos

INTERVALOS DE REPINTADO ENTRE CAPAS

ESPESOR DE PELÍCULA SECA RECOMENDADO POR CAPA,

así como el correspondiente

RENDIMIENTO TEÓRICO

de cada producto.

3.8.2 MATERIALES DE REVESTIMIENTO

Los materiales que se utilizan son los siguientes:



a) Pintura de base (Primer).

El " Primer" ha de ser sintético, de rápido secado produciendo una adherencia eficiente con el metal de base y la pintura subsiguiente de epoxy liquido. El "Primer" debe presentar buenas características para que se efectúe su esparcido a rodillo o pulverizador. Además debe presentar tendencia mínima de producir ampollas durante su aplicación.

b) Pintura de acabado.

Se debe utilizar el epoxy liquido, preparado según la norma AWWA C - 210, consistiendo en dos partes del epoxy liquido para ser utilizado sobre el " primer ".

La pintura que se va aplicar es un producto liquido que, cuando se aplica sobre una superficie, se convierte en una película sólida y adherente que forma un recubrimiento protector y/o decorativo. Estas pinturas están compuestas por uno o varios **aglutinantes** y por **pigmento** (coloreados o metálicos). En su forma líquida, el aglutinante acostumbra a estar disuelto en un **disolvente**, a fin de obtener la fluidez suficiente para su aplicación. La combinación de aglutinante y disolvente se denomina **vehículo**.

EL AGLUTINANTE.

Determina el mecanismo de formación de película y el resultado general de una pintura.

EL PIGMENTO.

Es el responsable de las cualidades decorativas de una pintura, incluyendo el color, la opacidad, el brillo, la luminosidad.etc.

Algunos tipos de pigmentos se utilizan para otras finalidades, tales como la protección contra la corrosión y la resistencia al ataque biológico, como por ejemplo las incrustaciones marinas.

Al igual que el aglutinante, la pigmentación de una pintura influye en gran manera sobre las propiedades de la misma.

EL DISOLVENTE.

Está supeditado a los otros dos elementos. Es el responsable de la viscosidad y de las propiedades de aplicación. Una vez que la pintura se ha aplicado, el disolvente, cumplido su propósito, desaparece por evaporación.

3.8.3 APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO

La aplicación del revestimiento deberá hacerse de acuerdo a la sección 3 de la AWWA C-210, complementada por informaciones aceptadas del fabricante de los materiales de revestimiento. Algunas observaciones descriptivas del proceso son presentadas a continuación:

a) Preparación de la superficie: Antes del arenado, se deben remover el aceite y la grasa eventualmente existentes en la superficie del tubo, fregándosela con paños limpios empapados de disolvente a base de alquitrán de hulla.

No se permite el uso de otros tipos de disolventes y tampoco paños sucios. la limpieza de la superficie se realizará mediante chorros de arena, escoria de cobre o granalla metálica hasta conseguir una superficie libre de óxidos, escamas, depósitos sólidos, gotas soldadura, escorias, etc. (REF. 1)

b) Temperatura de aplicación: La temperatura de la mezcla de los revestimientos no deberá ser inferior a 13 °C.

c) Aplicación del "primer" y del " Epoxy líquido ": Se debe aplicar el "primer" inmediatamente después del tratamiento con los chorros y la limpieza por soplado con aire. Cuando se aplique el "primer" , la superficie debe estar limpia y seca.

Se debe aplicar el "primer" manualmente, por medio de rodillo o pulverizador, todo de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Los tiempos mínimos y máximos entre la aplicación del "primer" y del epoxy líquido corresponderán a las indicaciones del fabricante.

Si el no fuere aplicado dentro del límite máximo de tiempo aceptable, luego de la aplicación del "primer", se debe limpiarlo por medio de chorros, haciéndose una nueva aplicación del "primer".

El acabado deberá realizarse de tal manera que no queden arrugas, ampollas, depresiones o vacíos. (REF. 1)

EL EQUIPO UTILIZADO EN PINTURA.



El equipo utilizado es la pistola sin aire, que es un procedimiento más eficaz y económico que la pistola convencional, especialmente en superficies grandes como es este caso.

La aplicación es más rápida y con menor pérdidas de producto, pudiendo al mismo tiempo aplicar la pintura en mayores espesores por capa. Se debe tener gran cuidado, ya que la pistola expulsa la pintura a presiones muy elevadas, superiores a las 150 atmósferas. (REF. 9).

LIMPIEZA DE LA PISTOLA

Debe limpiarse inmediatamente después de su utilización, haciendo circular por sus circuitos la cantidad necesaria del diluyente usado para la pintura que se ha aplicado, o bien un disolvente especial de limpieza. Debe prestarse especial atención a la limpieza de las boquillas.

3.9 CONTROL DE ESPESOR DE PINTURA

Los ensayos aplicados para los materiales de recubrimiento para todo el sistema de recubrimiento son presentados en la tabla XIV y son realizados siguiendo los métodos de la Sec. 5 (AWWA C - 210).

- **Ensayo de Resistencia al doblamiento:** En este ensayo se debe presionar una cinta de 1 plg. (25 mm) enmascarándola al ancho completo de un panel de acero rolado en frío y limpiado por solvente de dimensiones de 3 plg. x 6 plg. (75 mm x 150 mm) paralelo y centrado al eje más corto del panel. Cubrir el panel con el epoxy con el espesor recomendado por el fabricante. Medir el espesor de recubrimiento con un dispositivo de espesor de película húmeda.

Inmediatamente después remover la cinta enmascarada y poner de pie el panel en posición vertical en un cuarto condicionado a (24°C) y examinar el panel después de 4 horas.

TABLA XIV

CARACTERISTICAS Y REPRESENTACION DE PROPIEDADES DEL RECUBRIMIENTO APLICADO. (REF. 10)

PREPARACION	MINIMO	MAXIMO	METODO
1.- DOBLAMIENTO DE PELICULA		NINGUNO	SEC. 5.3.2.1 AWWA C210
RECUBRIMIENTO	MINIMO	MAXIMO	METODO
1.- DOBLAMIENTO DE PELICULA		NINGUNO	SEC. 5.3.2.2 AWWA C210
SIST. DE REVESTIMIENTO	MINIMO	MAXIMO	METODO
1.- PENETRACION A 60 oC		0.025 mm	SEC. 5.3.2.2 AWWA C210
2.- RESISTENCIA IMPACTO A 24oC +/- 1oC		APROBADO.	SEC. 5.3.2.3 AWWA C210
3.- RESISTENCIA AGUA CALIENTE (24H) a (98oC +/- 2oC).	APROBADO		SEC. 5.3.2.4 AWWA C210
4.- AGUA EXTRAIBLE	APROBADO	0.00078 mg/mm**2	SEC.5.3.2.5 AWWA C210
5.- INMERSION	APROBADO		SEC. 5.3.2.7 AWWA C210
6.- ADHESION	APROBADO		SEC. 5.3.2.8 AWWA C210

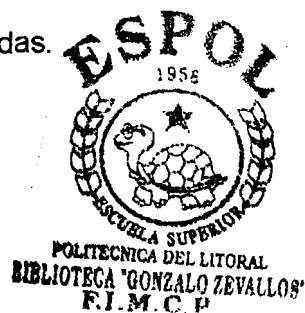
Doblamiento o corrimiento del recubrimiento en el área descubierta podría constituir falla del ensayo.(REF. 10).

- **Ensayo de Penetración:** Se debe preparar paneles rolados en frío de 4 plg. x 6 plg. x 1/8 plg , (100 mm x 150 mm x 3.2 mm) haciendo limpieza con granalla ,con el recubrimiento, y espesor especificado por el fabricante. Este ensayo debe ser realizado a (60°C) y la penetración debe ser de máximo 0.001 plg.(0.025 mm).

- **Ensayo de Resistencia al Impacto:** Preparar, recubrir y curar 3 paneles de acero. La resistencia al impacto directo podría ser determinado a (24°C ± 1°C) usando un ensayador de impacto Gardner con un anillo incrustado teniendo una abertura de 0.64 plg. (16 mm). Ejecutar 3 impactos en 20 lbf-plg (2.3 N-m). Inspeccionar las áreas impactadas usando un detector de esponja húmeda teniendo cuidado que no ocurra cortocircuito.

Líneas de esfuerzo y ruptura no deben extenderse a través del metal. Las grietas que penetran a través del metal en más de una de las tres áreas impactadas podrían constituir falla del ensayo. Desunión en las áreas impactadas no deben ser mayores 1 plg.**2(645mm**2).(REF. 10)

- **Desunión catódica:** Deben ser ensayadas 5 muestras y el área de desunión debe ser calculada. Los valores más altos y bajos pueden ser descartados y el área de las tres muestras de ensayo restantes deben ser promediadas.



- **Resistencia al agua caliente:** Preparar dos paneles de acero 3 plg. x 3 plg. x 1/8 plg. (75 mm x 75 mm x 3.2 mm) con las mismas características de los usados en resistencia al impacto. Taladrar un agujero de 3/8 de plg.(9.5 mm) de diámetro en el recubrimiento cerca del centro del panel.

El taladrado podría penetrar en el metal base cerca de 0.01 plg. (0.25 mm); sumergir y sujetar ambos paneles por 24 horas en agua caliente. Remover y dejar enfriar a la temperatura del cuarto y luego enjuagar la superficie recubierta para dejarla libre de óxido y herrumbre, examinar la superficie recubierta por burbuja. Hacer un corte cerca del agujero y levantar el recubrimiento desde el acero.

Levantar ampollas de laminación o descascaramiento de la superficie recubierta desde el acero podría significar falla del ensayo.

- **Inmersión:** Preparar, cubrir, curar paneles de 2 plg. x 6 plg. x 1/8 plg.(50 mm x 150mm x 3.2 mm). Sellar el lado no recubierto y filos con cera caliente. Llenar los contenedores apropiados con agua desionizada con 1 % por peso de solución de ácido sulfúrico. Localizar los paneles en los contenedores para permitir la exposición de la fase de vapor y líquidos de los fluidos. Cubrir pero no sellar y dejar permanecer en $(24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C})$ por 30 días, remover los paneles, enjuagar y dejar secar por 24 horas. Levantar las burbujas, descamar la superficie podrían constituir fallas para pasar el ensayo.

Estos ensayos son hechos por el fabricante de la pintura, para certificar que la pintura es de excelente calidad, al momento de ser entregada al fabricante de la tubería que utilizará este tipo de pintura.

En el anexo B se indica como debe ser un certificado de ensayos de recubrimientos hecho por el fabricante del material.

El ensayo que se le hace a la pintura luego de ser aplicado a la superficie de la tubería realizado en el taller es el siguiente:

- **ENSAYO DE ADHERENCIA:** Antes del despacho se espera un tiempo que lo indica las especificaciones para pintura, para que la pintura se agarre y se no se vaya a salir. Con un Rasgador hacemos el ensayo de adherencia superficial, dependiendo de la cuadrícula, con este rasgador calibrado hace un corte a una cuadrícula, a 0.06 plg (1.5 mm). Se realiza la rasgadura y después se coloca una cinta adhesiva, cuando se retira la cinta a fuerza no debería retirarse esos cuadritos y en caso que se desprendan se debería retirarse una cantidad establecida dentro de la norma para aceptar o no.

La pintura aunque esté adherida o no, éste ensayo se les hace a todos los tubos tanto en la parte interior como la exterior aunque no nos pida la norma. La adhesión o unión del recubrimiento al acero podría ser determinada por un corte en V a través del recubrimiento con un cuchillo.

La adhesión puede ser satisfactoria si la película no puede ser descascarada por el cuchillo. La ruptura violenta del recubrimiento podría no ser causa para rechazo.

Los ensayos realizados durante el proceso de pintado son los mismos ensayos de medición de espesores y adhesión que los mencionados arriba con la diferencia que son realizados en los mismos tubos y no en los paneles.

El espesor seco aceptable es de no menor a $356\ \mu\text{m}$ y no mayor a $635\ \mu\text{m}$ y el control debe ser realizado a cada metro de tubería.

En la figura 3.3 se muestra el control de adherencia de pintura que se le hace en taller en la superficie de la tubería metálica.

3.10 INSPECCIÓN FINAL Y DESPACHO.

Cuando se ha terminado de fabricar la tubería, el fabricante de la tubería debe suministrar a la Fiscalización certificados de análisis que comprueben que la calidad de toda la materia prima que se incorpore al producto final es aquella exigida por las normas y especificaciones mencionadas.

Previo al despacho, la empresa de inspección que se contrate podrá ejecutar contraensayos de resistencia a la tracción, límite elástico, resistencia, %C, %P, % S del material.

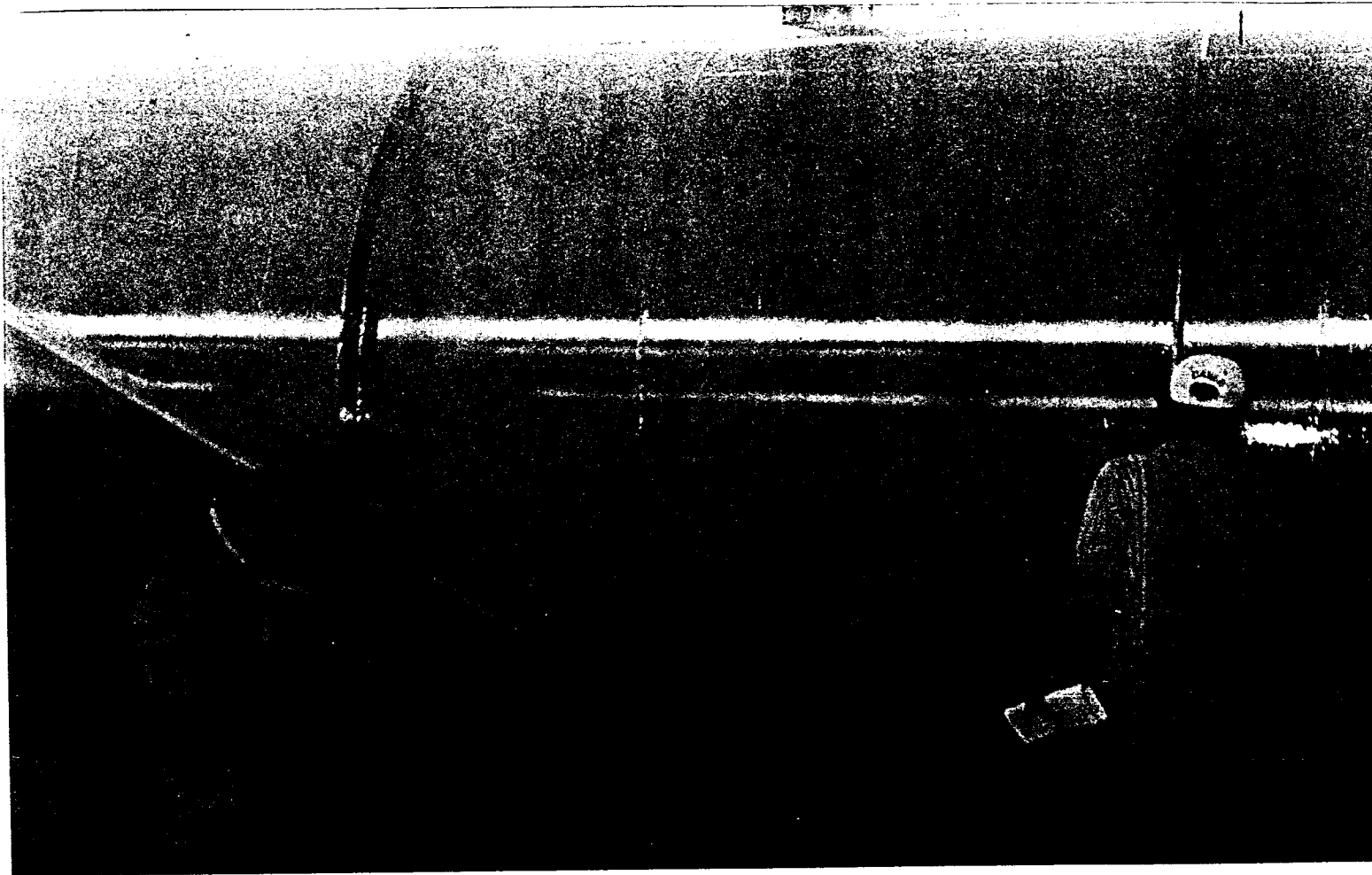


FIG. 3.3 CONTROL DE ADHERENCIA DE PINTURA EN TUBERÍAS METÁLICAS

Dichos contraensayos deberán ser llevados a cabo en muestras obtenidas de los respectivos lotes o partidas del fabricante.

Las muestras para la prueba de soldadura serán tomadas perpendicularmente de una parte a otra de la misma y del extremo de la tubería. Dos muestras o ejemplares de tensión de sección reducida mostrarán una resistencia a la tensión de no menos del 100 % del mínimo de la resistencia de tensión especificada del material base usado.

Dos ejemplares para el ensayo de inflexión resistirán doblaje a 180°. Al realizar las pruebas de inflexión guiada, un ejemplar será doblado tanto que la superficie que representa el interior de la tubería esté en la parte exterior del doblaje de prueba.

Se considera a un ejemplar que ha pasado la prueba si no se agrieta o se descubre otro defecto excediendo el 3.2 mm, medido en cualquier dirección que este presente en el metal soldador o entre la soldadura y la base del material luego del doblaje. Las pruebas de corrosión para las soldaduras de fabricación, de completa penetración serán hechas sobre pruebas de soldadura de fabricación normal.



CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

1. Las tuberías metálicas usadas para la fabricación de un Acueducto deben cumplir con las especificaciones técnicas de materiales, dimensiones y tolerancias con que han sido diseñadas para asegurar su calidad y funcionamiento correcto. Para alcanzar estos objetivos es necesario establecer un programa de fabricación y realizar el respectivo seguimiento del programa, para así ir controlando cada etapa del proceso de fabricación.
2. El Diagrama de Gantt, permite establecer cual debe ser el tiempo máximo que puede demorar cada tarea del proceso de fabricación y establecer una comparación de las tareas planificadas con las tareas que realmente se hicieron en la práctica. Así se optimiza el tiempo tanto del personal como del equipo que se utilizará en los siguientes trabajos similares que deben volverse a programar.
3. El Diagrama de PERT permite establecer que tarea del proceso de fabricación fue crítica o no, para que así el proceso finalice a tiempo y por consiguiente se

establece

establece la ruta crítica que tuvo el proceso. Todas las tareas de este trabajo fueron críticas por la interdependencia entre ellas.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere elaborar un programa de trabajo en el cual se especifique los tiempos para establecer un plan de plazos, el cual mejoraría la fabricación del proceso de manufactura de la tubería, dependiendo de que en cada operación del proceso se determine los tiempos para planificación y fabricación, señalando en cada etapa del proceso de manufactura el equipo a utilizarse.
2. Se recomienda realizar una buena distribución del equipo utilizado en la fabricación de tuberías dentro de la planta, dividiendo adecuadamente por secciones a la planta y a la maquinaria, para luego cuando se establezca la planificación respectiva del proceso, se lo finalice a tiempo, evitando demoras por no distribuir en forma correcta el espacio físico con que se dispone.
3. Se recomienda que en un futuro cuando se requiera fabricar tubos metálicos se tome como referencia este trabajo y las especificaciones aplicadas con el fin de que la calidad de las tuberías estén acorde con los requerimientos de servicio.



Asesorías de Tecnología

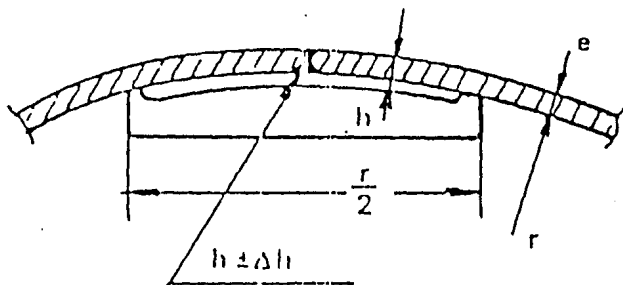
de la Universidad de los Andes

ANEXO A

-Tolerancias de forma (todas las dimensiones en mm)

Prolongación de aplastamiento adyacente a las soldaduras como para la sección de tubería (virola), es decir:

$$\Delta h \leq \pm \left(\frac{2r}{1000} + \frac{20}{e} + 0,5 \right)$$



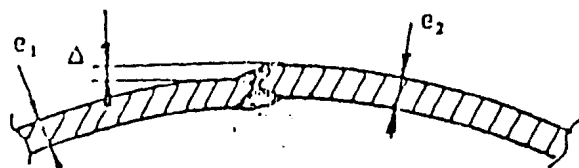
Desplazamiento de la unión longitudinal.

Clases:

I $\Delta \leq \frac{e}{50} + 1 + \frac{\Delta e}{2}$

II $\Delta \leq \frac{e}{30} + 1 + \frac{\Delta e}{2}$

III $\Delta \leq \frac{e}{10} + 1 + \frac{\Delta e}{2}$



Δe Diferencia entre los espesores reales de los bordes implicados.

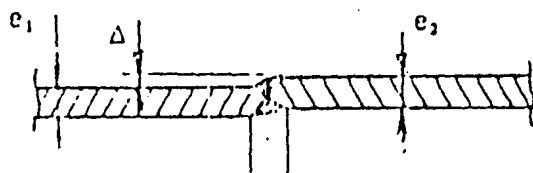
Desplazamiento de la unión circular.

Clases:

I $\Delta \leq \frac{e}{50} + 2 + \frac{\Delta e}{2} + \frac{\Delta p}{2\pi}$

II $\Delta \leq \frac{e}{30} + 2 + \frac{\Delta e}{2} + \frac{\Delta p}{2\pi}$

III $\Delta \leq \frac{e}{10} + 2 + \frac{\Delta e}{2} + \frac{\Delta p}{2\pi}$



Δp Tolerancia sobre la circunferencia según la fórmula del Anexo 5.

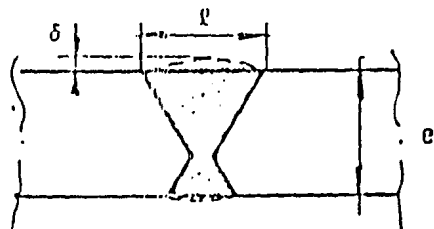
Sobreespesor de las soldaduras.

Clases:

I $\delta \leq 1 + \frac{3}{100} (e + l)$ mm

II $\delta \leq 2 + \frac{e + l}{20}$

III tolerancia no sometida a control.



l anchura teórica entre los bordes del chaflán.

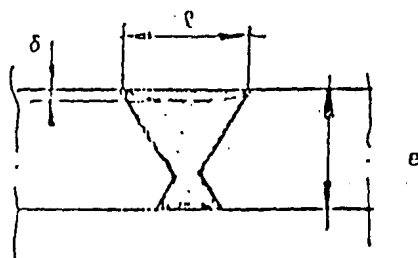
Concavidad (falta de espesor) debida a la rectificación o amolado de las soldaduras.

Clases:

I $\delta \leq \frac{e + l}{100}$

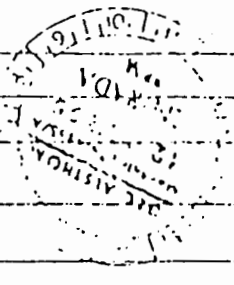
II $\delta \leq \frac{e + l}{50}$

III tolerancia no sometida a control.



ANEXO B

IDENTIFICAÇÃO / IDENTIFICATION		PESO		CORRIDA / HEAT		Nº INSPECÇÃO / INSPECTION NO		Nº VOLUME / PACKAGE NO		ENSAIO DE TRACÇÃO / TENSION TEST		RAZÃO ELÁSTICA / ELASTICITY		RENDIMENTO DE ABRÃO / TEAR RESISTANCE		IMPACTO/IMPACT TEST		PROPRIEDADES FÍSICAS / PHYSICAL PROPERTIES		
DIMENSÕES / DIMENSIONS		WEIGHT		HEAT		INSPECTION NO		VOLUME / PACKAGE NO		L.B. = 200NBR / L.B.P.S. / L.B.T.S. / AVEL		% / %		RENDIMENTO DE ABRÃO / TEAR RESISTANCE		IMPACTO/IMPACT TEST		PROPRIEDADES FÍSICAS / PHYSICAL PROPERTIES		
ESPESSURA LARGURA COMPRIM. / THICKNESS WIDTH LENGTH		M/T		HEAT		INSPECTION NO		PACKAGE NO		MPA		%		RENDIMENTO DE ABRÃO / TEAR RESISTANCE		IMPACTO/IMPACT TEST		PROPRIEDADES FÍSICAS / PHYSICAL PROPERTIES		
08,50	3000	8550		2111	540798	0234700	72824802			495	637	28	78	B	140	138	135			
				2011	551490	0235474	73269501			526	612	22	86	B	153	148	140			
				2003			73269502													
				2005			73269503													
				1957			73269601													
				1955			73269602													
				1875			73269603													
				1885			73269901													
				1895			73269902													
				1869			73270001													
				1959			73270002													
				1957			73270003													
				1981			73270101													
				1977			73270102													
				1989			73270103													
				1973			73270201													
				1969			73270202													
				1971			73270203													
				1963			73270302													
				1987			73270303													
				1999			73270501													
				1957			73270502													
TOTAL DE PESO...						47,628														



CORRIDA / HEAT		COMPOSIÇÃO QUÍMICA / CHEMICAL COMPOSITION												TEMPER. ENCHAUQUE/COAGUNG TEMPERATURE		TEMPO DE ENCHAUQUE/COAGUNG TIME		RESFRIAMENTO/QUEMCHING	
C	H	P	S	Si	Al	Cu	Cr	Ni	Mo	N	Fe	Mn	Co	Ca	O	H	C	M	
540798	15	146	23	10	33	46	1	3	2	0	0	41	1	0	0	0	40		
551490	15	135	25	10	30	46	0	0	0	42	0	36	0	0	0	0	38		

CERTIFICAMOS QUE O MATERIAL, ADOT DESCRITO P.O. FABRICAÇÃO P.O. PROCESSO BASEADO A ORIGEM DO ENLADADO E ANALISADO EM NOSTROS LABORATORIOS DE ACORDO COM OS REQUISITOS DA NORMA TECNICA BRASILEIRA COM RESULTADOS SATISFATORIOS.
 WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL, SPECIMEN DESCRIBED WAS MADE BY THE BASIC OFFICE, SUCCESSFULLY TESTED AND ANALYZED IN OUR LABORATORIES IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE MENTIONED TECHNICAL SPECIFICATION WITH SATISFACTORY RESULTS.

Siguemundo Lanzotti
 CHEFE DE SEÇÃO LAB. DE PRODUTOS
 VISTO / AUTHORIZED SIGNATURE

MATERIAL: semissuato em polimerização direta e reprocessação.
 TEN-ET 053 REV.3
 18/04/95

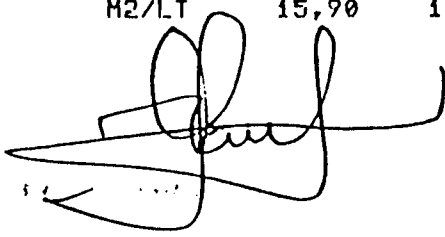
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SÃO PAULO
 POLITECNICA DEL LITORAL
 BIBLIOTECA GONZALO ZEVALLOS
 P.M.C.B.

RR 671301 / 671292 H289
 RNC SRM 204/85

/LAUDO ...: 124814 /2/A DATA ...: 29/04/94
 ENTE: 0608354100001 04 MECANICA PESADA S/A
: 142100 ADMIRAL ESMALTE
 BRANCO 1.00 M=9,5

	CODIGO	LOTE	FABRICACAO	VALIDADE
ponente	142100	126868	MAR/94	MAR/96

	METODO/REVISAO	UNIDADE	--- REQUISITOS ---		RESULT. OBTIDOS
			MINIMO	MAXIMO	
ESPECIFICA	ASTM D 1475 - 90	G/CM3	1,04	1,10	1,05
ENCAIXA	ASTM D 562 - 90	UK	60	70	70
DE MOAGEM	ASTM D 1210 - 88	MICRONS		20	12
DE COBERTURA NA PLACA 02 N 1212 - 76		MM	20	30	20
POR MASSA	ASTM D 1259 - 90	%	54,20	58,20	56,33
POR VOLUME	ASTM D 2697 - 91	%	39,90	43,90	42,78
	ASTM D 523 - 89	UB	90		90
REACAGEM PARA REPINTURA	ASTM D 1640 - 89	HORAS	16	24	16 a 24
IA	ABTN MB 985 - 87			Gr 10	Gr 10
IDADE	ASTM D 154 - 89	%		10	10
RA POR DEMAO	ASTM D 1005 - 90	MICRONS	25	35	25
ENTO TEORICO	N 1362 - 92	M2/LT	15,90	17,56	17,11



RECEPCÃO DE MATERIAIS
 PARA JATO E PINTURA

Lib. do para Produção

da 24 1 10 1994

CG - MEP
 P. Cesar - 15424



CERTIFICADO CONFERIDO E APROVADO POR
 JOAO CARLOS DOS SANTOS - SUP. LAB. CONT. QUALIDADE
 CRQ.044.071.33 - 4o. R.

BIBLIOGRAFÍA

1. COMINTECO; Especificaciones Técnicas del Proyecto Plan Hidráulico Daule - Santa Elena; 1994.
2. MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico; Vol II y III; 1993
3. AWWA; American Water Works Association; U.S.A.; 1992
4. ASTM; American Society for Testing and Materials; USA;1976
5. COMINTECO; Tolerancias usadas en la fabricación de tuberías Metálicas;1994
6. COMINTECO; Planos de diseño de fabricación de Sifones y Tuberías de Impulsión del Proyecto Plan Hidráulico Daule - Santa Elena; 1994
7. ALFORD Y BANGS; Manual de la Producción;Edit. UTEHA; Mexico;1975
8. LOPEZ VICENTE J. ;Mecánica de taller; Edita Cultural,S.A.; España; 1987
9. HEMPEL'S INDUSTRIAL COATINGS;Características Técnicas de Pinturas; USA; 1980



10. AWWA; Liquid Epoxy Coating Systems for the Interior and Exterior of Steel
Water Pipelines; Usa; 1992