ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

"DISEÑO DE UN TANQUE DE ACERO INOXIDABLE PARA ALMACENAR GAS LICUADO DE PETROLEO"

PROYECTO DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

José Martínez Macías

Guayaquil - Ecuador

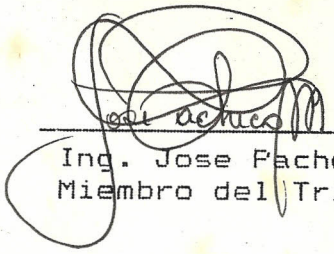
1.990

AGRADECIMIENTO

La culminación de estos estudios, con la realización de este trabajo se debe al esfuerzo hecho por mi persona y además al de quienes me apoyaron para poder lograrlo, por ello mi gratitud a mi familia.

Ing. Jorge Duque
Sub.decano

Ing. Jaime Barrera
Director del Tópico



Ing. Jose Pacheco
Miembro del Tribunal

Ing. Manuel Helguero
Miembro del Tribunal

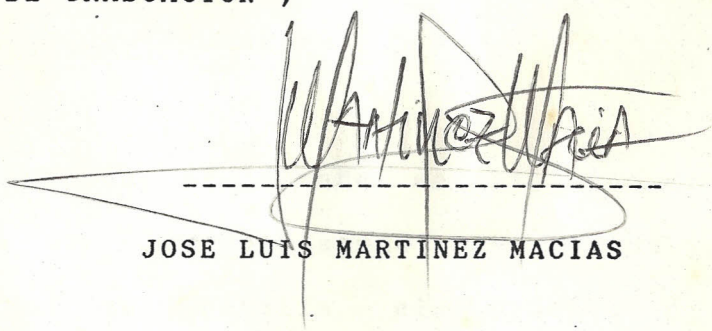
DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia como una actitud reciproca por el esfuerzo que ellos hicieron al apoyarme para poder finalizar el mismo.

DECLARACION EXPRESA

LA RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN EL PRESENTE PROYECTO DE GRADO ME CORRESPONDE EXCLUSIVAMENTE Y EL PATRIMONIO INTELECTUAL DEL MISMO A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

(REGLAMENTO DE TOPICO DE GRADUACION)



JOSE LUIS MARTINEZ MACIAS

RESUMEN

El objetivo que persigue el presente trabajo es el de diseñar un recipiente que va a estar sometido a presión utilizando y adaptando los códigos internacionales de construcción a nuestro medio y tomando en cuenta en lo posible para el proceso de fabricación de materiales fáciles de encontrar en el mercado ecuatoriano, además de mano de obra también nacional.

El diseño se lo hace utilizando como material base acero inoxidable y para contener gas licuado de petróleo a una presión de operación de 100 PSI. La primera parte del trabajo consta del análisis y selección del material base, procesos de soldadura aplicables y presentación de fórmulas y códigos a utilizar.

La segunda parte la conforma el diseño en si, con el cálculo de espesores con los correspondientes planos y especificaciones, luego se detalla el proceso de fabricación con cuadros de actividades de trabajo y tiempos de fabricación y por último se presentan en forma de cuadros también un resumen de los costos de fabricación que incluyen costos de materiales, costos de mano de obra y dirección técnica, gastos administrativos, utilidades, etc.

INDICE GENERAL

Pág

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ABREVIATURAS

INTRODUCCION .....

CAPITULO I

1 FUNDAMENTO TEORICO .....

1.1 NECESIDAD DE LA CONSTRUCCION DE TANQUES DE PRESION .....

1.2 MATERIALES RECOMENDADOS PARA SU CONSTRUCCION

1.2.1 ACERO INOXIDABLE COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION .....

1.2.2 CLASIFICACION DE LOS ACEROS INOXIDABLES .....

1.3 SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS INOXIDABLES .....

1.3.1 PROCESOS DE SOLDADURA APLICABLES .....

1.3.2 MATERIALES DE APORTE UTILIZADOS .....

1.4 ESFUERZOS EN CILINDROS DE PAREDES DELGADAS ..

1.5 CODIGOS, NORMAS Y REGULACIONES TECNICAS .....

CAPITULO # II

2 DISEÑO

2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA .....

2.2 SELECCION DEL MATERIAL .....

2.3 MODELO DEL TANQUE .....

2.4 CALCULO DE ESPESORES DE PARED .....

2.5 PLANOS Y ESPECIFICACIONES .....

CAPITULO # III

3 PROCESO DE FABRICACION .....

3.1 CRONOGRAMA DE TRABAJO .....

3.2 SELECCION DE MANO DE OBRA .....

3.3 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS .....

3.4 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA .....

3.5 ADQUISICION Y RECEPCION DE MATERIALES .....

3.6 PREPARACION DE MATERIALES: CORTE Y ROLADO DE PLANCHAS .....

3.7 PREPARACION DEL CILINDRO: ENSAMBLE Y SOLDEO .

3.8 MONTAJE DE ACCESORIOS .....

3.9 CONTROL DE CALIDAD .....

CAPITULO # IV

4 COSTOS DE FABRICACION .....

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA .....

INDICE DE TABLAS

No.		PAG.
I.-	Selección del electrodo dependiendo del proceso de soldadura y material base utilizado	
II.-	Resultados de Espesores	
III.-	Cronograma de trabajo	
IV.-	Diseño de junta y procedimiento de soldadura recomendado, zona a ser soldada-cilindro.	
V.-	Diseño de junta y procedimiento de soldadura recomendado, zona a ser soldada- tapas	
VI.-	Diseño de junta y procedimiento de soldadura recomendado, zona a ser soldada cilindro-tapas	

INDICE DE FIGURAS

No.		PAG.
1.-	Esfuerzos radiales y circunferenciales en una sección	
2.-	Diseños comunes de tapas de cilindros a presión	
3.-	Diagrama de actividades	
4.-	Comprobación de rectangularidad de planchas	

INDICE DE ABREVIATURAS

ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
AWS	Sociedad Americana de Soldadura
cm	Centímetros
D	Diámetro
E	Eficiencia de la soldadura
GMAW	Soldadura al arco con protección de gas
kg.	Kilogramo
KSI	1000 PSI
L	Longitud
MIG	Metal inert gas, proceso de soldadura MIG
n	Factor de seguridad
P	Presión interna
Pi	Presión interna de diseño
Pulg.	Pulgada
PSI	Libras/pulgadas^2
R	Radio
S	Esfuerzo
Sf	Esfuerzo de fluencia
Sip	Esfuerzo permisible
SMAW	Soldadura al arco con electrodo revestido
t	Espesor de la pared
TIG	Gas tungsten arc. proceso de soldadura TIG
π	3.1416

INTRODUCCION

El diseño de recipientes de presión en nuestro país es un campo que todavía no ha sido explotado en su totalidad por los Ingenieros Mecánicos; pues muchos de estos recipientes son importados integramente, cuando pudieron haber sido construidos en el país, con el consiguiente ahorro de divisas y la generación de trabajo para los profesionales nacionales que tanto le hace falta al Ecuador.

El presente trabajo tiene por objeto el diseñar un recipiente de presión utilizando y adaptando los códigos internacionales de construcción. Tomando en cuenta para el proceso de fabricación de materiales existentes en el mercado Ecuatoriano y mano de obra nacional. Sugiriendo de esta forma que la construcción soldada en el Ecuador puede ser competitiva con la extranjera.

CAPITULO # I

1 FUNDAMENTO TEORICO

1.1 NECESIDAD DE LA CONSTRUCCION DE TANQUES DE PRESION

El sistema de almacenamiento de fluidos a presión ocupa un lugar muy importante en la industria de nuestros dias, pues el mantener estas substancias sometidas a compresión conlleva a un sinnúmero de ventajas, pero al mismo tiempo crea riesgos de operación que deben ser tomados muy en cuenta en el momento de su diseño.

Muchas industrias emplean fluidos de trabajo que debido al volumen que ocupan deben ser sometidos a compresión y almacenados en recipientes para su posterior utilización, he aquí donde reside la importancia y necesidad de recipientes, los cuales deben ser lo suficientemente fuertes que soporten las presiones a las que vayan a ser sometidos para cada operación particular.

Existen industrias donde este tipo de recipientes son indispensables, como por ejemplo en la industria petrolera (almacenamiento de gas natural), en donde la necesidad de construcción de tanques de presión es inmediata, debido a que

el volumen de fluido que deben almacenar es grande, los riesgos que se corren por un mal diseño también son grandes, por lo que se hace necesario que su diseño y construcción sea de acuerdo a las normas internacionales que es precisamente lo que se persigue con este trabajo.

1.2 MATERIALES RECOMENDADOS PARA SU CONSTRUCCION(Ref1)

Debido a los cambios de condiciones de servicios, presiòn, temperaturas y medios a lo que estàn expuestos, contaminaciòn ambiental, agentes corrosivos, etc., hace que se incremente la sofisticaciòn del diseño de estos recipientes y por ende su construcción.

El conocimiento de las propiedades de los materiales es importante en la determinación de cual es el más indicado para una aplicación particular.

A continuación se presenta a manera de resumen una lista de las propiedades de los metales que se deben tener en cuenta para el diseño y fabricación de un recipiente de presión.

- Máxima resistencia a la tensión, a la temperatura de operación.
- Ductibilidad a la temperatura de operación.
- Resistencia al deterioramiento por corrosión.
- Resistencia al impacto, particularmente a bajas temperaturas
- Esfuerzo de ruptura y ductibilidad (para temperaturas de servicio en el campo plástico
- Estabilidad estructural bajo condiciones de servicio
- Soldabilidad y necesidad especial de precalentamiento y tratamiento de post-soldadura
- Características de endurecimiento por trabajo
- Conductividad térmica, expansión térmica y resistencia al choque térmico
- Resistencia a la fatiga.

Los materiales más empleados en la construcción de recipientes de presión pueden ser agrupados como sigue:

- Acero ordinario de baja aleación.
- Aceros inoxidables austeniticos, como por ejemplo: 302, 304L, 316L, siendo el 316 uno de los más indicados para la construcción de estos tipos de recipientes.

- Metales no ferrosos, siendo el aluminio y sus aleaciones los más usados entre ellos, como la aleación 5083 y la 5086.

Como se puede notar hay una buena gama de materiales para la construcción de tanques de presión y la selección se hará de acuerdo al servicio que vaya a prestar, presión máxima de trabajo, disponibilidad del material, condiciones atmosféricas a la que vayan a estar expuestos, etc.

1.2.1 ACERO INOXIDABLE COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION (Ref. 1)

El acero inoxidable puede ser difinido como el acero que tiene el suficiente cromo adicionado que hace que la aleación sea resistente a la corrosión cuando el metal está sujeto a un medio corrosivo.

El mínimo porcentaje de cromo adicionado es entre el 11% y 12% y esto hace precisamente que el metal adquiera resistencia a la corrosión que se debe a una película delgada, adherente y estable de óxido de cromo o de óxido de níquel que protege

efectivamente al acero contra medios corrosivos. Un sistema de 3 números se utiliza para identificar los aceros inoxidable, los 2 últimos números no tienen significados específicos, pero el primero indica el grupo como sigue:

DESIGNACION DE LA SERIE GRUPOS

2 xx	Cromo, níquel, manganeso no endurecibles, austeníticos, no magnéticos.
3 xx	Cromo, niquel, no endurecibles, austeniticos, no magnéticos.
4 xx	Cromo endurecibles, martensiticos, magnéticos, además también férricos.
5 xx	Cromo, bajo cromo, resistente al calor.

Actualmente los aceros inoxidables son un gran grupo de aceros aleados con poco carbono que ofrecen la ventaja de tener una gran resistencia a la corrosión y a la oxidación, altas características mecánicas a alta o baja temperatura y un gran aspecto atractivo y limpio.

Las conductividades eléctricas y térmicas de los aceros inoxidables son considerablemente menores que las de los aceros al carbono. A pesar de la creencia popular de que el acero inoxidable es un material perfecto, debemos señalar que al igual que todos los materiales industriales los aceros inoxidables tienen también sus deficiencias. Para algunas condiciones de servicio comparandolas con otros materiales no tienen siempre mayor resistencia a la corrosión que aceros más económicos. Son mas caros, por lo que las construcciones con acero inoxidable tienen el inconveniente en su contra, un mayor costo por kilogramo. Finalmente el coeficiente de dilatación térmica del acero inoxidable de la serie 300 (serie de los aceros inoxidables más usada para construcción) es aproximadamente el triple que el del acero ordinario.

1.2.2 CLASIFICACION DE LOS ACEROS INOXIDABLES (Ref. 2)

Los aceros inoxidables se dividen en tres grandes grupos que se los presenta a continuación:

- ACEROS MARTENSITICOS INOXIDABLES

Estos aceros son principalmente aceros con solo entre el 11,5% y el 18% de cromo, algunos son los tipos 403, 416, 501, 502, los aceros martensiticos inoxidables son magnéticos, pueden trabajarse en frío sin dificultad especialmente con bajo contenido de carbono, pueden maquinarse satisfactoriamente, tienen buena tenacidad, gran resistencia a la corrosion atmosférica y a algunos agentes químicos, se trabajan fácilmente en caliente, alcanza su máxima resistencia a la corrosión, se endurecen desde la temperatura recomendada, pero no son tan buenos como los aceros austensiticos o ferríticos inoxidables.

- ACEROS FERRITICOS INOXIDABLES (HIERRO INOXIDABLE)

Este grupo de aceros inoxidables poseen cromo entre 14% - 27% aproximadamente, incluye los tipos 405, 430, 446, como estos aceros contienen poco carbono pero generalmente más cromo que los de grado

martensiticos, no se endurecen por tratamiento térmico, sino solo moderamente mediante trabajo en frío, son magnéticos y se pueden trabajar en frío o caliente, pero alcanzan su máxima suavidad, ductivilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido, en esta condición la resistencia de estos aceros es aproximadamente 50% mayor que la de los aceros al carbono, la corrosión y maquinabilidad, además son superiores en resistencia a los aceros martensiticos inoxidables; como los aceros ferríticos, pueden formarse facilmente en frío, se utilizan mucho para profundos estampados de piezas, como recipientes para industrias químicas y alimenticias y para adornos arquitectónicos y automotríces.

- ACEROS AUSTENITICOS INOXIDABBLES

  Estos son los aceros al cromo- níquel (serie 3 xx), son especialmente no magnéticos y no endurecen por tratamiento térmico, el contenido total de níquel y cromo es de por lo menos 24%, se pueden trabajar facilmente en frío o en caliente cuando se toman precauciones adecuadas

para que en forma rápida endurezcan por trabajo, el trabajo en frío desarrolla una amplia variedad de propiedades mecánicas y en esta condición puede llegar a ser ligeramente magnéticos, son muy resistentes al impacto y difíciles de maquinar, estos aceros tienen la mejor resistencia a altas temperaturas, su resistencia a la corrosión suele ser mejor que la de los aceros martensiticos y ferríticos.

Debido a lo anteriormente dicho de entre los tres grupos de aceros inoxidables, el que mejores condiciones de resistencia mecánica y a la corrosión presenta es el grupo de los aceros inoxidables austeniticos y de ahora en adelante hablaremos de ellos específicamente.

1.3 SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICAS (Ref.3)

Los aceros inoxidables austeniticos contienen pequeños porcentajes de carbono y a temperaturas comprendidas entre 430 y 870 °C presentan un interesante problema metalúrgico en los lìmites de grano, el carbono se combina rápidamente con el

cromo para formar carburos de cromo, cada átomo de carbono se asocia con 17 de cromo. Este carburo de cromo se deposita en los bordes de grano recibiendo la denominación de precipitación de carburos. Las proximidades a los borde de grano sufren empobrecimiento de cromo, por lo que pueden sufrir corrosión según sea la agresividad del medio corrosivo, evidentemente una forma de evitar este problema es disminuir en lo posible el contenido de carbono de los aceros (menos de 0,03%), los que se conocen como aceros ELC (Extra Low Carbon), otra manera de eliminar el problema lo constituye el agregado de elementos tales como: niobio, titanio que forman carburos con más facilidad que el cromo, dando orígen a lo que se conoce como aceros estabilizados.

Por último queda un recurso para eliminar los carburos y consiste en redisolverlos en la matríz austeniticas entre 1000 °C- 1100 °C y enfriar rápidamente para retenerlos.

Debido a lo expuesto nos podemos dar cuenta que el acero inoxidable presenta problemas de soldabilidad por lo de la precipitación de carburos de cromo y además al ser el cromo un elemento de gran afinidad con el oxígeno se forma en la superficie una película de óxido de cromo que posee propiedades refractarias y de tenacidad

que hacen que sea dificultoso soldar, sin embargo todos los aceros inoxidables pueden ser unidos con soldaduras si son empleadas las técnicas apropiadas.

Además los aceros inoxidables austeniticos son los más soldables de los 3 grupos porque no experimentan cambio de fase con la temperatura, tiene una estructura cúbica centrada en la cara y las juntas soldadas son dúctiles.

Como indicamos anteriormente, el principal problema que encontramos cuando soldamos acero inoxidable es la llamada precipitación de carburos que empobrece la zona afectada por el calor de cromo haciendo que la propiedad de resistencia a la corrosión se pierda, todo este fenómeno se lo minimiza utilizando los llamados acéros inoxidables ELC (Extra Low Carbon) que contiene menos del 0,03% de carbono tales como el: 304L, 316L, ellos tienen la suficiente inmunidad a este fenómeno pudiendose soldar sin causar este empobrecimiento del cromo en la zona afectada por el calor. Sin embargo si sometemos el material a una elevada temperatura por un periodo prolongado de tiempo, algún cambio en este podría ocurrir.

Otro problema que podría presentarse cuando soldamos este tipo de acero es que pueden aparecer microfisuras, estas son rupturas intergranulares que generalmente ocurren en el metal soldado en la zona afectada por el calor debido al contenido de ferrita en la microestructura de la aleación del metal de aporte es por consiguiente muy importante controlar este problema.

Por último se puede acotar que un precalentamiento del acero, austenìtico inoxidable no es recomendado ya que ningún benefício es obtenido.

1.3.1 PROCESOS DE SOLDADURA APLICABLES (Ref.5)

Los acéros inoxidables austeníticos debido a las propiedades que poseen son los más usados comercialmente pero como se dijo presenta problemas de soldabilidad, sin embargo todos los acéros inoxidable pueden ser unidos con soldadura si son empleadas las técnicas correctas.

Existen cuatro procesos que son los más comunmente empleados y se mencionan a continuación.

- Soldadura al arco utilizando electrodo revestido

- Proceso (GMAW) (al arco con electrodo metâlico y gas inerte), Soldadura al arco con proteccción de gas siendo el más utilizado el proceso MIG utilizando gas inerte argón como atmósfera protectora.

- Proceso TIG (gas- TUNGSTEN ARC)
- Soldadura de arco sumergido

Debido al tipo de trabajo que se vaya a realizar o si la construcción va a ser solo unitaria o en serie, podemos escoger el método de soldadura apropiado para cada caso, es así que para construir solo una estructura es recomendable soldadura con electrodo revestido, mientras que si vamos a construir equipos en serie lo apropiado sería trabajar con un método automático o semiautomáutico, lo que aumentaría la velocidad de producción de soldadura.

En el caso de la construcción de tanques de presión los procesos de soldadura más comunmente empleados son :

- Soldadura manual de electrodo revestido

- TIG
- Arco sumergido
- Soldadura con atmósfera protectora de gas inerte (proceso MIG).

Hablando específicamente del acero inoxidable austenìticos, a continuación se hará referencia a los procesos de soldaduras para unir este material, y las ventajas y desventajas que presenta un método con respecto a otro.

- SOLDADURA AL ARCO UTILIZANDO ELECTRODO REVESTIDO

  Este proceso como sabemos es de tipo manual, por lo tanto muy versátil y es uno de los procesos de soldadura más usados, presenta la ventaja que se puede soldar en cualquier posición vertical, horizontal, sobrecabeza,y puede ser usado para cualquier tipo de junta, pero presenta varias desventajas que se mencionan a continuación:

  La destreza necesitada para producir una buena soldadura es más grande que la necesitada si usarâmos el proceso al arco con electrodo metâlico y gas inerte, es dificultoso

ver durante la soldadura debido a que la escoria cubre todo, la capa de escoria es una fuente de inclusiones, la escoria debe ser removida entre pasos. El equipo utilizado para soldar este proceso es el convencional; máquinas soldadoras, cables, equipos de protección, etc. Los electrodos o material de aporte se los presentan en la tabla (I), y su selección se la hace de acuerdo a la necesidad de diseño que se tenga: resistencia a la tensión, elongación, etc.

- SOLDADURA AL ARCO CON PROTECCION DE GAS (GMAW)

  Este proceso es semiautomático o automático, no utiliza fundente y el electrodo contiene todos los elementos aleantes requeridos en la soldadura.

  Las ventajas de este método son numerosas:

  La velocidad de soldadura es más grande que utilizando electrodo revestido, además la alimentación del electrodo es continua y no hay escoria que deba ser removida. La única desventaja que existe

es que debido precisamente a que no existe esta capa, el enfriamiento va a ser más rápido, haciendo de esta manera la soldadura más sensitiva a las fisuras que cuando se suelda con eléctrodo revestido.

Como se sabe el equipamiento para soldar por este método es mayor, lo que hace que se eleve el costo por utilización de equipo, si es que lo comparamos con el metodo anterior.

Dependiendo del material base se escoge el electrodo para soldar, los que se detallan en la tabla (I).

- SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

  Este proceso de soldadura puede ser semiautomático o automático en su totalidad, algunas ventajas de este método se muestran a continuación:

  - El proceso puede ser usado a altas velocidades y altas ratas deposición
  - Puede ser usado para soldar cualquier espesor de metal

- Durante la soldadura el operador no requiere equipo de protección.
- Generalmente la calidad de la soldadura es muy buena, uniforme y de excelente apariencia.

Pero no todo es ventaja es decir que así también existen desventajas, que en este método podemos nombrar las siguientes:

- La escoria debe ser removida de la soldadura
- El proceso es restringido a posición horizontal de soldadura.
- El fundente (polvo) puede llegar a contaminarse lo que produciría defectos en la soldadura, como por ejemplo la porosidad.
- Accesorios son requeridos para contener el fundente (tolva).

La selección del electrodo y el fundente es muy importante para llegar a eliminar algunos de estos problemas. En la tabla (I) se hace una lista de los electrodos dependiendo del material base que se disponga.

TABLA I

SELECCION DE ELECTRODOS DEPENDIENDO DEL PROCESO DE SOLDADURA Y EL MATERIAL UTILIZADO

METAL BASE	PROCESO DE SOLDADURA	SELECCION DE ELECTRODO CLASIFICACION
AISI 304	ELECTRODO REVESTIDO (S.M.A.W.)	E 304
	SOLDADURA AL ARCO CON PROTECCION DE GAS (GMAW) (MIG)	ER 304
	PROCESO (TIG)	EWP (99.5% MIN.TUGSTEN)
	ARCO SUMERGIDO (SAW)	ER 308
AISI 316	ELECTRODO REVESTIDO	E 316
	MIG	ER 316
	TIG	EWP
	ARCO SUMERGIDO	ER 316
AISI 316 l	ELECTRODO REVESTIDO	E 316L
	MIG	ER 316L
	TIG	EWP
	ARCO SUMERGIDO	ER 316L

1.3.2 MATERIALES DE APORTE UTILIZADOS (Ref. 3)

Debido a las diferentes clases de aceros inoxidables austenìticos y también a los diferentes tipos de procesos de soldadura existentes para unir estos tipos de aceros, se puede encontrar una gran variedad de materiales y formas de presentaciòn del material de aporte.

En la tabla I se indica el electrodo adecuado para diferentes aceros inoxidables austenìticos dependiendo del proceso de soldadura a utilizarse.

1.4 ESFUERZOS EN CILINDROS DE PAREDES DELGADAS (Ref3)

Cuando se trata de recipientes cilíndricos cuya pared tiene un espesor de 1/10 de su diámetro o menos (condición para cilindro de pared delgada), se puede considerar que el esfuerzo producido por la presión del cilíndro que está uniformemente distribuido a todo el grosor de la pared.

Cuando se acepta está suposicion, al elemento en cuestión se llama recipiente de presión de pared delgada. A partir de esta hipótesis, también se puede determinar el estado del esfuerzo en

tanques, tubos y zunchos o aros de refuerzo.

Para el cálculo de espesores de pared del tanque de presiòn debe hacerse las siguientes asunciones.

1.- No hay tensiones térmicas
2.- El material de que está constituido el cilíndro es elástico y no plástico.
3.- No hay esfuerzos de flexión, solo hay esfuerzos debido a la presión interna.
4.- El espesor de la pared del cilindro dividido por su diámetro, es menor de 0,1, es decir, el cilindro es de paredes delgadas con respecto a su diámetro.

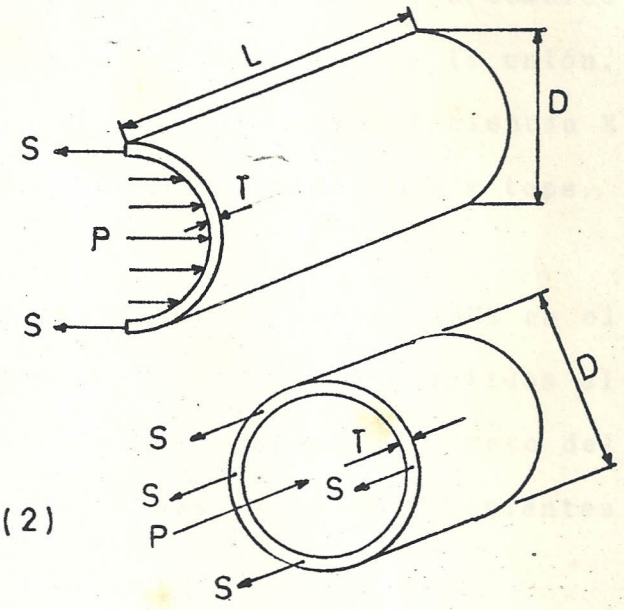
Para determinar el esfuerzo en una unión a tope longitudinal y circunferencial en el cilindro (supuesta una penetración completa) se utilizan las siguientes fórmulas:

ESFUERZO LONGITUDINAL.

$$S = \frac{PD}{2t} \quad (1)$$

ESFUERZO CIRCUNFERENCIAL.

S= PD/4t (2)



Donde :

S= esfuerzo

P= Presiòn

t= Espesor

d= Diâmetro

Fig: 1

- Recipientes a presión no expuestos al fuego.

Para el diseño de recipientes a presión cilíndricos, no expuestos al fuego, el código ASME Secciòn VIII no permite el uso de la fórmula S= PD/2t para el cálculo de los esfuerzos longitudinales.

Esta fórmula supone que las soldaduras longitudinales a tope en el cilíndro son tan fuertes como la misma chapa.

Para un recipiente a presión, es preciso que se demuestre que tal suposición es correcta. Si todas las soldaduras a tope son soldadas por ambos lados y son radiografiadas en su totalidad, entonces puede suponerse que la unión es del 100%. Si todas las uniones son debidamente

soldadas a tope y solo se radiografía una zona cada 50 pies (15 metros), entonces debe tomarse un valor del 85% para la eficiencia E de la unión, si no hay radiografía, entonces la eficiencia E tiene que tomarse del 70% para soldaduras a tope.

Las fórmulas recomendadas por el codigo ASME en el diseño de recipientes a presión no sometidos al fuego para el cálculo de espesores tanto del cilindro como de las tapas son las siguientes (Ref 8):

ESPESOR DE PARED DEL CILINDRO

$$t = \frac{PiR}{SipE - 0,6\,Pi} \qquad (3)$$

El recipiente cilìndrico de presiòn tiene que estar previsto de dos extremos conformados. En la figura 2 se indica un tipo de extremo normalizado, asì como la formúla empleada en su diseño.

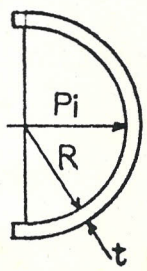


Fig: 2

ESPESOR DE PARED DE LAS TAPAS SEMIESFERICAS

$$t = \frac{PiR}{2SipE - 0.2Pi} \quad (4)$$

donde:

t = espesor de la chapa de la coraza

Pi = presión interna de diseño, en lib/pulg²

R = radio interno en pulgadas

Sip= esfuerzo permisible

E= eficiencia de las uniones soldadas

= 1,00 para radiografías competas

= 0,85 para radiografías por zona

= 0,75 en ausencia de radiografía

1.5 CODIGOS NORMAS Y REGULACIONES TECNICAS (Ref. 1)

Todos los recipientes metálicos bajo presión podrían constituir un gran riesgo o peligro si ocurren fallas catastróficas, por eso es que códigos de seguridad, normas y regulaciones han sido preparados para cubrir la construcción de equipos generadores de vapor y otros recipientes sometidos a presión.

Estos documentos son generalmente escritos por grupos industriales, organizaciones profesionales, instituciones gubernamentales o militares. Entre las organizaciones que están relacionadas con la construcciòn de recipientes a presiòn tenemos:

- Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S.)
- Sociedad Americana de Ingenieros Mecanicos (A.S.M.E), Codido ASME Secciòn VIII para nuestro proposito.

El código ASME puede estár sujeto a modificación y revisión para la inclusión de nuevos métodos de construcción, nuevos materiales, interpretación y modificación para seguridad de construcción y operación.

CAPITULO # II

2 DISEÑO

2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

Diseño de un tanque de presión de acero inoxidable austenìtico para almacenar gas licuado de petróleo, estacionario, con un capacidad de 38 m3. y una presiòn de trabajo de 100 PSI.(7.05 Kg/cm2).

2.2 SELECCION DEL MATERIAL

Como dijimos anteriormente entre los aceros inoxidables austeniticos los idóneos para la construcción de tanques de presión son los siguientes: 304, 304L, 316, 316L. De entre los 4 escogemos al 316 por las características que presenta que son: disminución de los problemas de soldabilidad, reducción del problema de corrosión intergranular debido a la precipitación de los carburos de cromo en la zona afectada por el calor, y puede ser encontrado en el mercado nacional.

- COMPOSICION QUIMICA DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO 316 (REF 6).

Carbóno : 0,03 %

Cromo : 16 - 18 %

Níquel : 10 - 14 %

Molibdeno : 2 - 3%

Hierro : Balance

PROPIEDADES MECANICAS (Ref. 6)

ACERO 316

DUREZA ROCKWELL B85

RESISTENCIA A LA TENSION (KSI=90)(kg/cm²= 6340.9)

RESISTENCIA A FLUENCIA (KSI=40) (kg/cm²=2818.2)

ENLONGACION EN 2 PULG. 50%

2.3 MODELO DEL TANQUE

El modelo del tanque es de forma cilíndrica y horizontal, las tapas en los extremos tienen forma semiesférica, las dimensiones las presentamos a continuación:

Longitud = 7.32 metros

Diámetro = 2.33 metros

Presión de trabajo P= 7.046 kg/cm² = 100 PSI

Capacidad = 38 m3

2.4 CALCULO DE ESPESORES DE PARED (Ref.8)

MATERIAL BASE : ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO 316

REISTENCIA A LA FLUENCIA: 40 KSI: 2818 kg/cm²

PRESION DE TRABAJO: 100 PSI; 7.046 kg/cm²

1.- PRESION DE DISEÑO

Según el código la presión de diseño debera ser considerada en un valor equivalente al de la presiòn de trabajo con un incremento de 30 o del 10% seleccionandose el valor mayor.

2.- ESFUERZO PERMISIBLE (Está en función de la temperatura de operación y se lo toma aproximadamente como la tercera parte del esfuerzo de fluencia); en este caso utilizaremos un factor n= 2.5

- Espesor del cuerpo cilíndrico

Para calcular el espesor de las paredes del cilíndro tenemos

$$t = \frac{PiR}{Sip\ E - 0,6\ Pi} \qquad (3)$$

Donde:

Pi = Presión interna de diseño;

R = Radio

Sip= Esfuerzo permisible

E = Eficiencia de la unión soldada

t = Espesor de la chapa

a) PRESION DE DISEÑO

1.- Pi = 100+30 = 130 PSI = 9.16 Kg/Cm²

2.- Pi = 100+0.1(100) = 110 PSI = 7.75 kg/cm²

Se escoge el mayor en este caso:

Pi= 130 PSI = 9.16 kg/cm²

b) ESFUERZO PERMISIBLE

Sf= Esfuerzo de Fluencia

h= Factor de Seguridad.

$$Sip = \frac{Sf}{n} = \frac{40}{2.5} = 16.000 \text{ KSI}$$

Sip = 16000 KSI = 1127.3kg/cm²

c) EFICIENCIA DE LA SOLDADURA

E= 0.85 (se asume) debido a que se va hacer estudio Radiográfico por zonas. Entonces reemplazando tenemos:

$$t = \frac{130 * R}{16000 * 0.85 - 0.6 * 130} =$$

$$R = 1.165 \text{ mm.} * (100/2.54) = 45.86"$$

$$t = \frac{5963.1}{13.522} = 0.45 \text{ pulgadas} = 11.20 \text{ mm}$$

t= 11.20 mm. Espesor

- ESPESOR DE LAS TAPAS SEMIESFERICAS

$$t = \frac{PiR}{2\,SipE - 0.2Pi} \quad (4)$$

$$t = \frac{130 * 45.86}{2(16.000)(0.85) - 0.2(130)} = \frac{5963.1}{27.1748} =$$

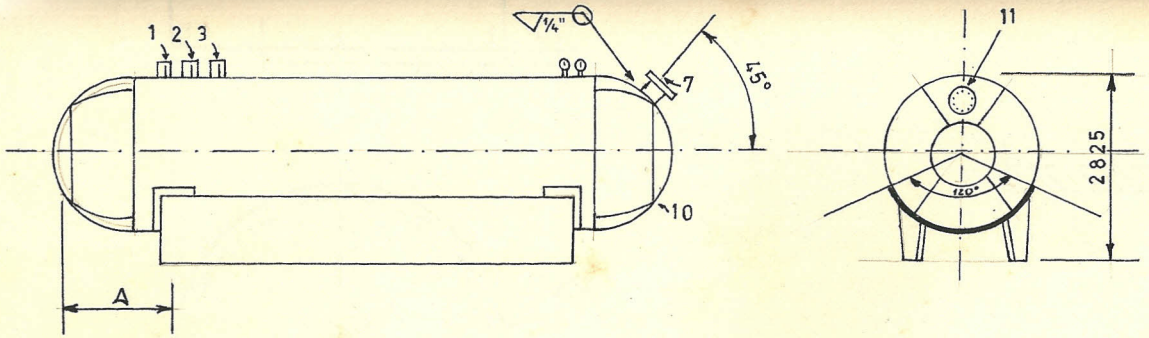
t= 0.22 pulgadas = 5.57 mm. espesor

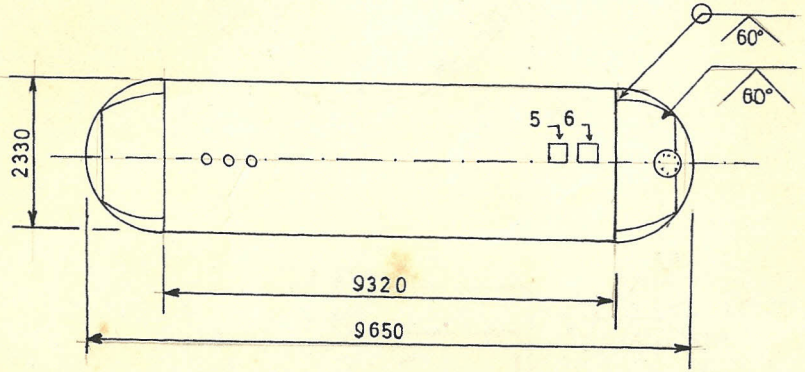
TABLA II

RESULTADOS DE ESPESORES

	mm.	Pulg.
ESPESOR t DEL CUERPO CILINDRO	11.2	0.45
ESPESOR t DE TAPAS SEMIESFERICAS	5.57	0.22

2.5 PLANOS Y ESPECIFICACIONES.





Nº	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	OBS.
11	PERNOS	12	ACERO	ø 12 x 37 mm.
10	TAPAS	1	ACERO AISI 316	ø 91,7" – SEMIESFERICA
9	SOPORTES	4	ACERO	—
8	VALVULA GLOBO–DESCARGA	1	—	ø 2"
7	ENTRADA HOMBRE	1	ACERO AISI 316	ø 450 mm.
6	MANOMETRO	1	—	0–200 PSI
5	TERMOMETRO	1	—	0–150° C
4	VALVULA DE PURGA	1	—	ø 1 1/4" – 7580 – C
3	VALVULA DE LLENADO	1	—	ø 2" – 3187
2	VALVULA DE SEGURIDAD	1	—	ø 1 1/4" – 8685-G
1	VALVULA DE SEGURIDAD	1	—	ø 1 1/4" – 8685-G

ESPECIFICACIONES

- CAPACIDAD DEL TANQUE: 40 m
- PRESION DE TRABAJO : 100 PSI
- PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA: 150 PSI
- MATERIAL BASE: ACERO INOXIDABLE 316
- EFICIENCIA DE JUNTA: 85%
- ESTUDIO RADIOGRAFICO: ZONAS, ASME
- UTILIZACION CODIGO ASME SECCION VIII
- PROCESO MIG: EFICIENCIA DE SOLDADURA = 0,9

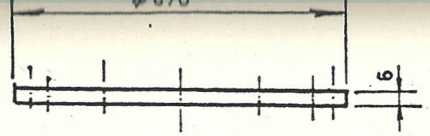
	FECHA	NOMBRE
DIBUJADO		
REVISADO		J.MARTINEZ
COMPROB.		J.BARRERA

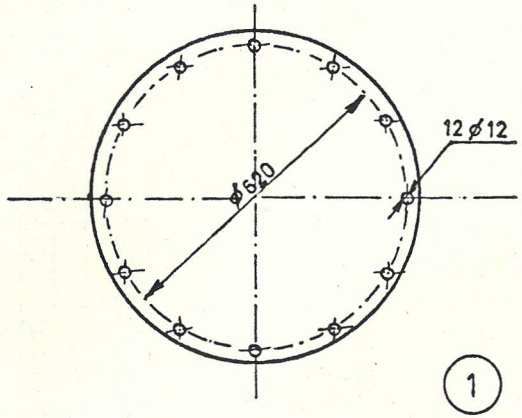
FACULTAD INGENIERIA MECANICA

ESPOL

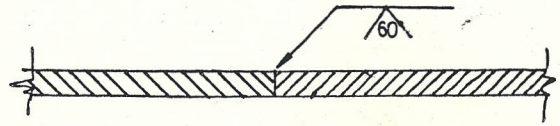
E 1:120

TANQUE DE PRESION

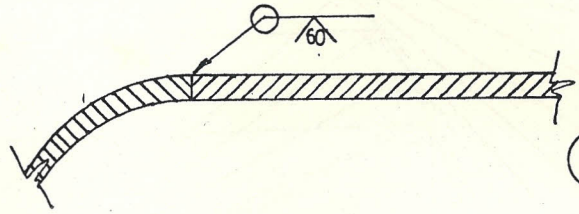




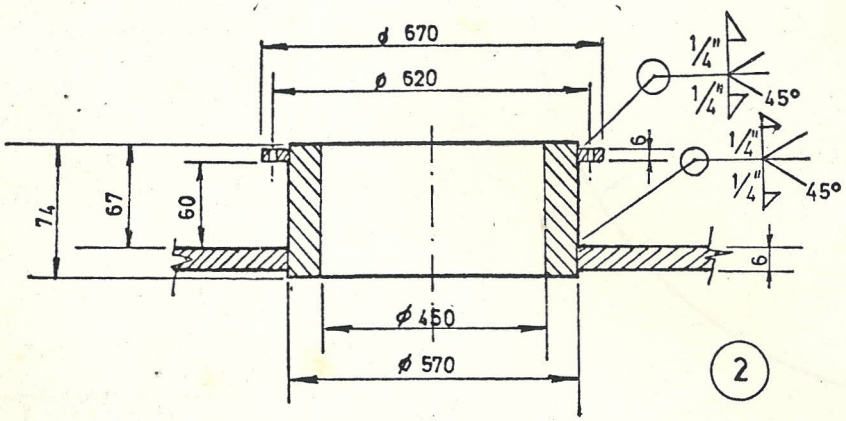
1



3



4



2

4	SOLD. TAPA – CILINDRO		ACERO AISI 316	
3	SOLD. CILINDRO		ACERO " "	
2	ENTRADA – HOMBRE		ACERO " "	
1	TAPA		ACERO " "	
Nº	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	OBS.

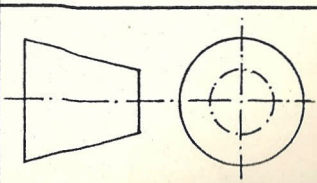
	FECHA	NOMBRE
DIBUJO		R.FLORES
REVISADO		J.MARTINEZ
APROBADO		J.BARRERA

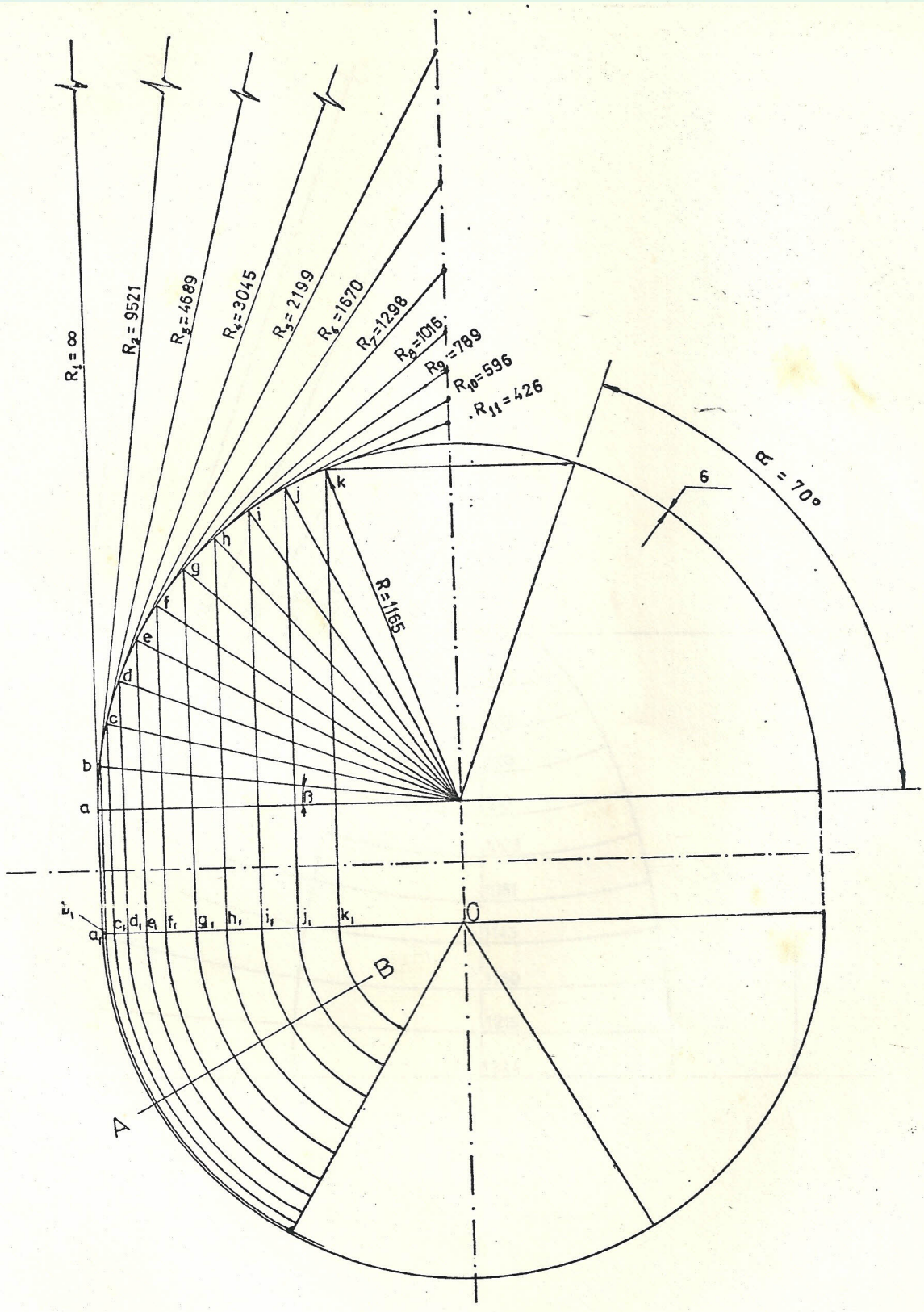
FACULTAD INGENIERIA MECANICA

ESPOL

E 1 : 15

ENTRADA DE HOMBRE y ESPECIFICACIONES



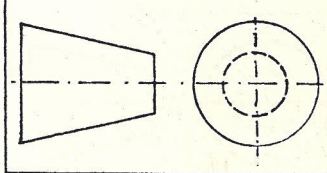


	FECHA	NOMBRE	FACULTAD INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJADO		R. FLORES		
REVISADO		J. MARTINEZ		
APROBADO		J. BARRERA		

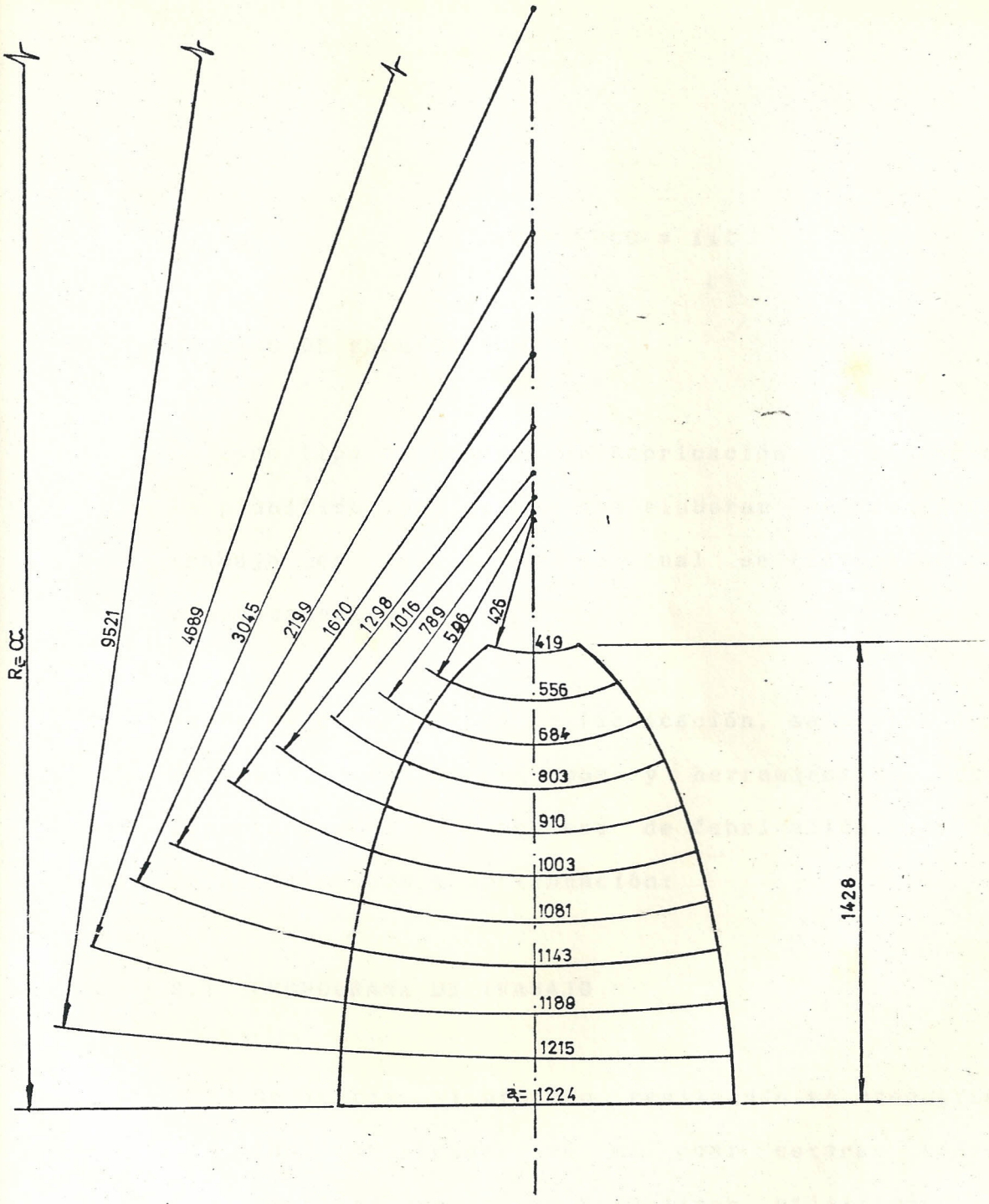
E

1/ : 20

DESARROLLO DEL CUERPO SEMIESFERICO



MAT.: ACERO AISI 316



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD INGENIERIA MECANICA
DIBUJADO		R.FLORES	
REVISADO		J.MARTINEZ	
APROBADO		J.BARRERA	

ESPOL

E

1:20

DESARROLLO

DE CHAPAS

MAT.: ACERO AISI 316

CAPITULO # III

3 PROCESO DE FABRICACION

En todo tipo de proceso de fabricación lo primordial es la planificación, por lo que elaborar un cronograma de trabajo es necesario, el cual se tratará de seguir rigurosamente.

Factores como tiempos de fabricación, selección de mano de obra, uso de equipos y herramientas, etc. Son importantes en todo proceso de fabricación por lo que lo detallaremos a continuación:

3.1 CRONOGRAMA DE TRABAJO

Se inicia el proceso realizando un cronograma de las actividades en el cual estarán todos los trabajos que se van a realizar, utilizando valores teóricos y reales de tiempos de fabricación, dependiendo la exactitud de estos de la experiencia que tenga el ingeniero en este tipo de trabajo.

A continuación se presenta un cuadro descriptivo de las actividades que se tratarán de llevar adelante y luego el cronograma de trabajo para la

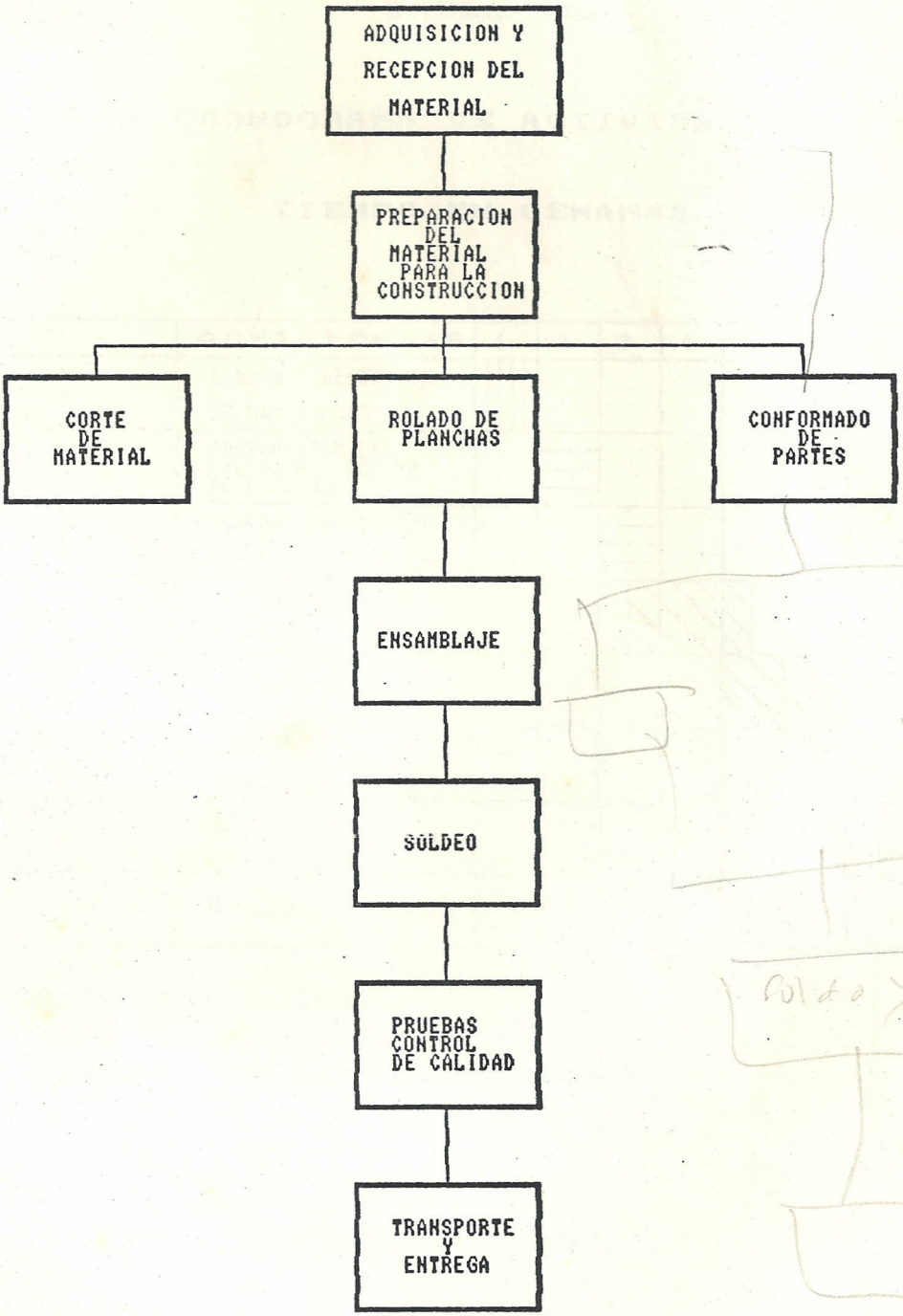


FIG # 3 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

TABLA III

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

TIEMPO EN SEMANAS

	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	COMPRA Y RECEPCION DE MATERIALES								
2	PREPARACION DEL CILINDRO (ROLADO DE PLANCHAS)								
3	CONFORMADOS DE LAS TAPAS SEMIESFERICAS								
4	MONTAJE TOTAL DEL CILINDRO								
5	SOLDEO								
6	MONTAJE DE ACCESORIOS								
7	PRUEBAS								
8	TRANSPORTE Y ENTREGA								

DISTRIBUCION Y GRUPOS DE TRABAJO

GRUPO # 1: PERSONAL DE TRANSPORTE, AYUDANTES

GRUPO # 2: PERSONAL DE CORTE Y CONFORMADO

GRUPO # 3: SOLDADORES

GRUPO # 4: PERSONAL DE CONTROL DE CALIDAD

fabricación del tanque de presión.

3.2 SELECCION DE LA MANO DE OBRA

El seleccionar el personal necesario para un trabajo específico es un parámetro importante en la construcción metalmecánica y su correcta elección influirá directamente sobre el costo total y calidad de fabricación.

El personal para realizar el presente trabajo se lo ha clasificado en grupos de acuerdo a sus habilidadades y capacidades, así tenemos:

Grupo # 1 : Personal de transporte de material, ayudantes

Grupo # 2 : Personal de corte y conformado

Grupo # 3 : Soldadores

Grupo # 4 : Control de calidad

Además se contará con los servicios de un ingeniero residente y/o un capatáz que controlarán los trabajos que se efectúen de acuerdo a los planos de diseño y al cronograma de actividades.

3.3 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

El contar con los equipos y herramientas adecuadas

para la fabricación del tanque es importantísimo, entonces debemos conocer las características técnicas para así seleccionar el equipo más eficiente. Para la fabricación del tanque en cuestión se ha elaborado una lista de equipos y herramientas que se detalla a continuación.

- MAQUINAS DE SOLDAR

  Como el ensamblaje y el soldeo del tanque se lo va a hacer en el taller, será necesario las utilización de por lo menos 2 máquinas soldadoras para el proceso MIG/MAG. con capacidades suficientes paar suplir las necesidades de trabajo especificadas en el proceso de soldadura.

- ROLADORA DE PLANCHAS

  Se usará una roladora que pueda curvar plantas de hasta 6 pies de ancho y hasta espesores de media pulgada.

- EQUIPOS DE CORTE

  Como el acéro inoxidable presenta dificultades de corte por los métodos convencionales, como el corte con soplete por ejemplo, se necesitará

de un método especial y el más aconsejable es el corte plasma, el cual utiliza un equipo parecido al proceso TIG, por lo tanto la utilización de este equipo es necesario.

- BISELADOR

Para efectuar la preparación de las juntas de soldadura se utilizará un cortador semiautomático que contiene un mecanismo para efectuar cortes angulares, los cuales van ajustables en la escala de graduación.

- HERRAMIENTAS DE TALLER

Este grupo se refiere a la facilidades que debe brindar el taller, desde el espacio físico para maniobración y manipuléo de materiales, se necesitará un puente de grúa o en el peor de los casos grúas manuales o tecles para el manejo de las planchas del cilindro ya roladas. Se necesitará de herramientas de calderarìa en general. Asi mismo con los equipos de seguridad necesarios.

3.4 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (Ref.9-10)

Con el afán de facilitar la elaboraciòn del procedimiento de Soldadura se han elaborado las siguientes tablas (IV, V, VI), las cuales detallan los datos necesarios para la realizaciòn de este trabajo según recomendaciones de la AWS.

En el caso que estamos analizando por presentar las condiciones más favorables, el proceso MIG es el más recomendado, debido a que es un proceso semiautomático cuya velocidad de soldeo es la ideal para este caso donde los niveles de deposición de material son elevados.

Al utilizar el proceso MIG para soldar acero inoxidable el gas más adecuado es argón tomando algunas consideraciones:

1.- Cuando se suelda con corriente continua y polaridad inversa, se utiliza como atmósfera protectora argón + 1% de oxígeno; este 1% de oxígenos elimina mordeduras por trabajar con c.c.

2.- Argón + 5% de oxígeno cuando se suelda con c.c. y polaridad directa, en este caso el 5% de oxígeno mejora la estabilidad del arco.

El argón puro no suele usarse como gas de

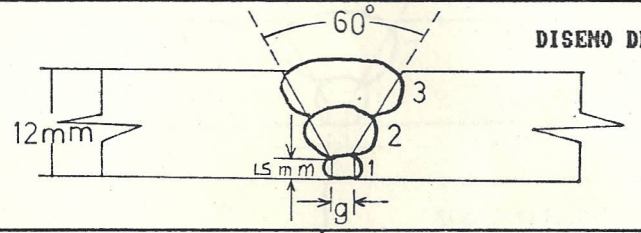
TABLA # IV

PROCEDIMIENTO RECOMENDADO DE SOLDADURA

ZONA A SER USADA : CILINDRO
MATERIAL USADO : ACERO INOXIDABLE 316
TIPO DE GAS USADO : ARGON +1% DE OXIGENO
PROCESO DE SOLDADURA : SOLDADURA AL ARCO CON PROTECCION DE GAS INERTE (MIG)

TIPO DE JUNTA: TOPE
POSICION :(HORIZONTAL)
(VERTICAL)

DISEMO DE JUNTA

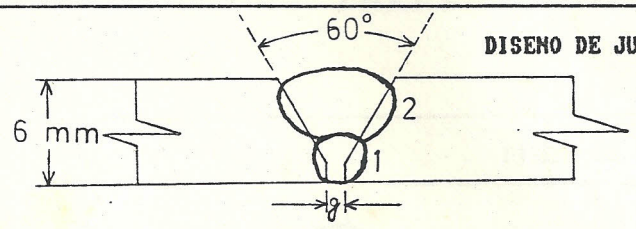


DATOS	VALORES		
1.- ESPESOR DE LA PLANCHA (mm)		12	
2.- PASES	1	2	3
3.- CLASE DE ELECTRODO	316	316	316
4.- DIAMETRO DE ELECTRODO (mm)	1.6	2.4	2.4
5.- CORRIENTE CONTINUA: CLARIDAD INVERSA (AMP)		300 - 350	
6.- VOLTAJE (VOLTIOS)		28 - 35	
7.- VELOCIDAD DE ALIMENTACION DEL ALAMBRE (m/min)		1.9 - 2.1	
8.- VELOCIDAD DE SOLDADURA		12	
9.- CAUDAL DE GAS (LITROS/MIN);(M3/Hr)		18 (1% 02)	
10.-LONGITUD DE LA JUNTA (mt)		59	
11.-HOLGURA (g) (mm)			
12.-TIEMPO DE SOLDEO (Hr/mt)	0.138	0.138	0.138
13.-TIEMPO TOTAL (horas)	8.2	8.2	8.2
14.-CONSUMO DE GAS (m3)		27	
15.-KG. DE ELECTRODO REQUERIDO		44	

TABLA # U

PROCEDIMIENTO RECOMENDADO DE SOLDADURA

ZONA A SER SOLDADA : TAPAS
MATERIAL USADO : ACERO INOXIDABLE 316
TIPO DE GAS USADO : ARGON +1% DE OXIGENO
PROCESO DE SOLDADURA : SOLDADURA AL ARCO CON PROTECCION DE GAS INERTE (MIG)

TIPO DE JUNTA: TOPE POSICION: (HORIZONTAL) (VERTICAL)	 DISEÑO DE JUNTA

DATOS	VALORES	
1.- ESPESOR DE LA PLANCHA (mm)	6	
2.- PASES	1	2
3.- CLASE DE ELECTRODO	316	316
4.- DIAMETRO DE ELECTRODO (mm)	1.6	2.4
5.- CORRIENTE CONTINUA: CLARIDAD INVERSA (AMP)	250 - 300	
6.- VOLTAJE (VOLTIOS)	20 - 23	
7.- VELOCIDAD DE ALIMENTACION DEL ALAMBRE (m/min)	3.8 - 5.1	
8.- VELOCIDAD DE SOLDADURA	38	
9.- CAUDAL DE GAS (LITROS/MIN);(M3/Hr)	18; 1.08	
10.-LONGITUD DE LA JUNTA (mt)	22	
11.-HOLGURA (g) (mm)	0 - 2	
12.-TIEMPO DE SOLDEO (Hr/mt)	0.044	0.044
13.-TIEMPO TOTAL (horas)	1	1
14.-CONSUMO DE GAS (m3)	1	
15.-KG. DE ELECTRODO REQUERIDO	16	

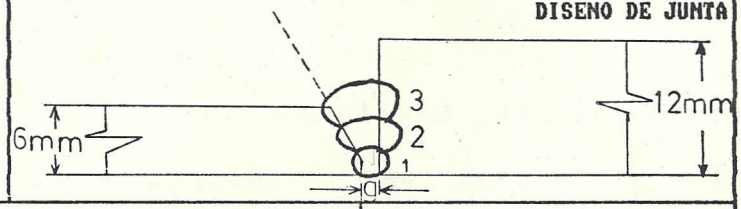
TABLA # VI

PROCEDIMIENTO RECOMENDADO DE SOLDADURA

ZONA A SER SOLDADA : CILINDRO-TAPAS
MATERIAL USADO : ACERO INOXIDABLE 316
TIPO DE GAS USADO : ARGON +1% DE OXIGENO
PROCESO DE SOLDADURA : SOLDADURA AL ARCO CON PROTECCION DE GAS INERTE (MIG)

TIPO DE JUNTA: TOPE
POSICION: (HORIZONTAL)
(VERTICAL)

DISENO DE JUNTA



DATOS	VALORES		
1.- ESPESOR DE LA PLANCHA (mm)		6 - 12	
2.- PASES	1	2	3
3.- CLASE DE ELECTRODO	316	316	316
4.- DIAMETRO DE ELECTRODO (mm)	1.6	1.6	1.6
5.- CORRIENTE CONTINUA: CLARIDAD INVERSA (AMP)		250 - 300	
6.- VOLTAJE (VOLTIOS)		20 - 30	
7.- VELOCIDAD DE ALIMENTACION DEL ALAMBRE (m/min)		3.1 - 5.1	
8.- VELOCIDAD DE SOLDADURA		38	
9.- CAUDAL DE GAS (LITROS/MIN);(M3/Hr)		18 ; 1.08	
10.-LONGITUD DE LA JUNTA (mt)		15	
11.-HOLGURA (g) (mm)		0 - 2	
12.-TIEMPO DE SOLDEO (Hr/mt)	0.044	0.044	0.044
13.-TIEMPO TOTAL (horas)	1	1	1
14.-CONSUMO DE GAS (m3)		1	
15.-KG. DE ELECTRODO REQUERIDO		12	

proteccion ya que causa mordeduras y cordones como un contorno muy irregular, además la forma del cordón ancho y muy poco penetrado en su parte superior, estrecho y profundo en el centro, puede porovocar fallas de fusión en la raíz de la junta, la cantidad de oxígeno suele limitarse a un máximo de 5% proveer en mayores proporciones puede producir porosidades en el cordón de soldadura.

3.5 ADQUISICION Y RECEPCION DE MATERIALES

Una vez elaborada la lista de los materiales necesarios se procede a su compra en el menor tiempo posible.

La recepción de materiales no solo comprende una revisión de las dimensiones, del estado superficial del material, que este exento de laminaciones en los bordes, sino que también se deberá pedir al distribuidor una certificación de que el material que se ha comprado, que cumpla con las características técnicas solicitadas de este. Para una mayor seguridad se puede pedir a un laboratorio matalúrgico que efectúe un análisis completo al material comprado, ya que la inversión es grande y se justifica el hacerlo.

3.6 PREPARACION DE MATERIALES: CORTE Y ROLADO DE PLANCHAS

- CONFORMADO EN TALLER

Como dijimos anteriormente toda la construcción la haremos en taller, por lo que la fabricación se la puede detallar como sigue:

- PREPARACION DEL CILINDRO

La fabricación del cilindro en el taller comprende el curvado de todas las planchas, en nuestro caso formaremos 6 anillos y cada anillo constará de 3 planchas cuyo diámetro es 2.30 metros, en total necesitaremos 18 planchas de 1.22 x 2.44 metros.

Antes de rolar las planchas debe comprobarse su rectangularidad, esto es midiendo que sus diagonales sean iguales y los ángulos estén a escuadra, en caso contrario debe hacerse los cortes necesarios para cumplir con esta condición figura # 4.

Luego de haber comprobado que todas las planchas cumplen con las dimensiones especificadas se procede a la preparación del bisel correspon-

diente para cada plancha dependiendo del diseño de junta.

Como paso previo al rolado, se prepara una plantilla del radio de curvatura del cilíndro, la cual servirá para comprobar si la curvatura que se dará a las planchas en la rolada es la adecuada. El proceso de curvado de las planchas es realizado en la roladora, donde se efectúan el número de pases del material hasta que se obtenga la curvatura deseada, para el curvado de los extremos de las planchas se gradúa el desplazamiento de los rodillos de la roladora hasta obtener que toda la longitud de la plancha tenga la misma curvatura, hay que señalar que los pases de curvado deberán ser realizados en la dirección del sentido de laminación de la plancha.

Como último paso de las planchas roladas son marcadas para fabricar los 6 anillos del cilindro.

ESCUADRA

COMPROBACION DE RECTANGULARIDAD

Da = Db : Aceptada

Da = Db : Rechazada

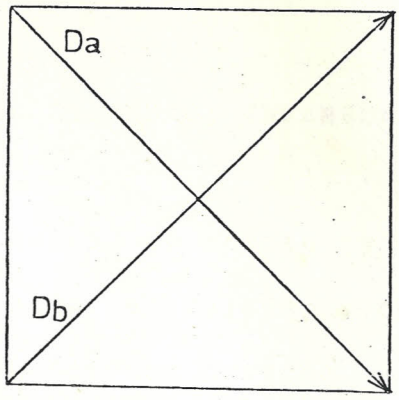


Figura 4

- Conformado de tapas semiesféricas

Como primer paso de acuerdo a las medidas del tanque se traza sobre las planchas los sectores y el casquete de las semiesferas desarrolladas (Ref. 12); estando seguro de los cálculos hechos se procede al corte de las planchas, en nuestro caso obtendremos seis sectores y un casquete por cada tapa como se muestra en los planos, capítulo II.

Para el conformado, los sectores son rolados dándoles la curvatura deseada, no así el casquete que para su conformado se necesita de una prensa, una vez que se le ha dado la curvatura exacta a cada parte se procede al ensamblaje, primero el punteo y luego al soldeo general obteniendo de esta manera las tapas semiesféricas.

3.7 PREPARACION DEL CILINDRO: ENSAMBLAJE Y SOLDEO

Cumplida la tarea de corte y rolado de las planchas, incluido el rolado y conformado de las tapas semiesféricas, se procede a ir colocandolas en posición para su posterior soldeo, inicialmente solo se puntea el material de tal manera que no haya ningún desacople, el ensamble del cilindro se lo irá haciendo por anillos, una vez en su posición se soldarán 3 planchas y se obtendrá el primer anillo, y así sucesivamente, con las otras planchas pues son 6 anillos los que hay que obtener para luego unirlos y obtener el cilindro, las tapas ya conformadas con anterioridad se procede a colocarlos en los extremos del cilindro para su posterior soldeo para de esta forma obtener ya el cuerpo final del tanque de presión.

3.8 MONTAJE DE ACCESORIOS

Entre los accesorios a ser construidos está la entrada de hombre y sus correspondientes tapas, las cuales se encuentran especificadas con indicaciones y recomendaciones en los planos de diseño.

Existe otra clase de accesorios a los cuales solo hay que colocarlos en su sitio de operación como son: válvulas de seguridad, purgas, termómetro, manómetro, válvula de llenado, válvula de descarga, etc, los cuales serán colocadas en el sitio de montaje para evitar cualquier tipo de daño.

Una vez terminado el montaje del tanque se realizan las pruebas que hayan estipulado en el contrato de construcción, para efecto de este trabajo se realizarán las pruebas hidrostática y radiográficas.

3.9 CONTROL DE CALIDAD

- PRUEBA HIDROSTATICA (Ref. 8)

Se tiene que cerrar todos los accesorios del

cilíndro, luego se comienza a llenar el tanque con agua en una forma controlada. Mientras tanto el ingeniero residente de la obra y el fiscalizador efectuarán una minuciosa inspección de los cordones de soldadura utilizando el método de inspección visual, lo que garantizan la estarqueidad del cilindro.

La cimentación del tanque también será inspeccionada anotándose si se producen asentamientos a medida que se llena el tanque.

Por último se mantiene el tanque lleno de agua a una presiòn de 1.5 de la presiòn de operaciòn, con estas condiciones pasadas 48 horas se procede a vaciar el tanque controladamente, si en ese lapso no se detectò ninguna anormalidad, como una caìda de presiòn causada por algún tipo de fuga o defecto, se considera que el tanque puede entrar en operaciòn en caso contrario si se verifica alguna falla se procede a corregirla y la prueba se vuelve a realizar.

PRUEBA DE RADIOGRAFIA (REF 1.3)

El examen radiográfico se realizará de acuerdo con un procedimiento establecido por escrito y aprobado con anterioridad a la realizaciòn del examen, el procedimiento radiográfico, debe contener como minimo la siguiente informaciòn:

a.- Tipo de material y espesor.

b.- Fuente de radiaciòn o tensiòn màxima de trabajo cuando se trate de rayos x

c.- Distancia minima foco-pelicula.

d.- Tamaño màximo de la fuente o foco emisor de la radiaciòn.

e.- Tipo y número de los indicadores asì como su situaciòn.

f.- Marca, clase y tipo de pelicula.

g.- Densidad fotográfica requerida.

h.- Indicaciòn sobre si la exposiciòn se harà con pelicula sencilla o multiple y en su caso, si la lectura se harà sobre una sola pelicula o sobre el conjunto.

i.- Tipo y espesor de las pantallas.

j.- Cuando se trate de uniones soldadas, referencias al procedimiento empleado en su ejecuciòn.

Cuando se aplica el mètodo radiogràfico existen etapas que deben ser seguidas y son las siguientes:

1.- Elecciòn de la tècnica operatoria al caso de que se trate.
2.- Obtenciòn de una informaciòn o indicaciòn propia (radiografìa).
3.- Interpretaciòn de la radiografìa.
4.- Evaluaciòn de los resultados o datos obtenidos.

La correcta realizaciòn de las dos primeras etapas requiere la preparaciòn de una norma o còdigo que defina la tècnica que ha de ser aplicada a cada caso particular; por tanto, la finalidad de las normas es la de tipificar el procedimiento bajo cuyas recomendaciones se ha de realizar el ensayo.

En el caso que nos concentra nos referimos o estaremos sujetos a las regulaciones que sobre el efecto hace el codigo ASME.

La prueba radiogràfica se llevarà a cabo durante el proceso de montaje y ensamble, siguiendo un procedimiento calificado de inspecciòn.

En caso de encontrase según defecto este serà señalado para luego realizar su adecuada reparaciòn la cual tendrà que volver a ser inspeccionada por las pruebas anteriormente señaladas.

- TRASLADO AL SITIO DE MONTAJE

El traslado del tanque, de equipos y herramientas necesarias para el montaje serán trasladadas al sitio una vez que se ha terminado eltrabajo en el taller.

Dependiendo de lo difícil que sea llegar al sitio de montaje y el tamaño del tanque se escogerá el transporte adecuado.

CAPITULO # IV

15

4 COSTOS DE FABRICACION

El estudio económico es una revisión detallada de cada una de las actividades a realizar dentro de la construcción y montaje del cilíndro a presión; para entender con mayor facilidad se elaborará un cronograma de trabajo, donde estarán presente todas las actividades de fabricación y montaje.

Del estudio del cronograma en general se obtienen diferentes rubros que contienen una relación directa con el costo total del tanque los cuales son:

- MATERIALES DIRECTOS

  Dentro de este rubro se toman en cuenta todos los materiales que formarán el tanque como por ejemplo: las planchas de acero inoxidable, etc.

- MATERIALES INDIRECTOS

  Aquí se consideran todos los materiales necesarios (fungibles) para la ejecución de la obra, por ejemplo: electrodos de soldadura (rollo); gases: oxígeno, argón, discos de abrasión, cepillos de

aceros, equipos de seguridad (consumibles), etc.

- ACCESORIOS

Comprende todos los equipos adaptables al cilíndro ya terminados como por ejemplo: Manómetro, termómetro, válvulas de seguridad, válvula de carga y descarga, purga, etc.

- MANO DE OBRA

Se consideran todos los costos del personal necesario para la ejecución de esa obra.

- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Se consideran todos los costos de utilización de equipos y herramientas necesarias para la ejecución de la obra.

- TRANSPORTE

Se consideran todos los costos del traslado de materiales, además se incluirán el costo de utilización de un vehículo liviano durante el tiempo de montaje destinado a las tareas de suministros de materiales indirectos, comidas, etc.

- OBRA CIVIL

Comprende los costos dedicados al estudio y preparación del suelo; relleno, compactación y fabricación de base que soporte el tanque.

- DIRECCION TECNICA

En este rubro se consideran todos los costos destinados a pagar los servicio s profesionales de las personas que trabajarán en la obra, como por ejemplo: ingeniero responsable de la obra, ingeniero calculista, etc.

- GASTOS ADMINISTRATIVOS

Se consideran todos los costos destinados a financiar los gastos de operación de la empresa constructora como por ejemplo: sueldo de secretaria, personal administrativo, energía eléctrica, teléfono, etc.

- IMPREVISTOS

Es recomendable considerar un valor adicional para proteger a la empresa constructora en caso que ocurra algún imprevisto como por ejemplo: subida del costo de los materiales, reposición del material por

pérdida o robo, etc.

- UTILIDADES

Se consdiera beneficio económico de la empresa constructora.

Para realizar un resumen parcial de los costos de los rubros antes mencionados se utilizarán valores de:

- Boletín de salarios publicado por la Contralaría general del estado.
- Precio del comercio nacional.

A continuación se observa los detalles de precios de los rubros anteriormente mencionados:

A.- MATERIALES DIRECTOS

CANTIDAD	DENOMINACION	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
10	PLANCHAS DE 1.220 X 2.440 X 12 MM. DE ACERO INOXIDABLE 316	1,300,000.00	23,000,000.00
3	PLANCHAS DE 1.630 X 6.100 X 6 mm. DE ACERO INOXIDABLE 316	2,460,000.00 3,760,000.00	7,380,000.00
		SUBTOTAL A.-	30,380,000.00

B.- MATERIALES INDIRECTOS

CANTIDAD	UNIDAD	DENOMINACION	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
2	ROLLOS	SOLDADURA SS 316	250,000.00	500,000.00
2	CARGA	OXIGENO	1,800.00	3,600.00
5	CARGAS	ARGON (7M3)	61,775.00	300,900.00
15	DISCOS X 6 mm.	ABRASLON 175 mm.	2,000.00	37,500.00
	DISCOS	CORTE 175 mm x 3 mm	2,500.00	12,500.00
10	PARES	GUANTES PARA SOLDAR	850.00	8,500.00
30	PARES	GUANTES PARA MANIOBRA	700.00	2.100.00
10	UNO	CEPILLOS DE ACERO	500.00	5,000.00
15	UNO	CASCOS	2,000.00	30,000.00
	UNO	CARETAS PARA SOLDAR	3,500.00	17,500.00
10	VIDRIOS	RECTANGULARES NEGRO # 10	600.00	6,000.00
		SUBTOTAL B.-		923,600.00

C.- MANO DE OBRA

CANTIDAD	ESPECIALIDAD	TIEMPO ESTIMADO DE TRABAJO	SALARIO DIARIO S/.	TOTAL (S/.)
1	MAESTRO	8 SEMANAS	5,000.00	280,000.00
2	SOLDADORES DE 1era	2 SEMANAS	3,500.00	98,000.00
1	CORTADOR	1 SEMANA	3,000.00	21,000.00
2	CONFORMADORES (ROLAR)	2 SEMANAS	3,000.00	84,000.00
1	AYUDANTE SOLDADOR	4 SEMANAS	2,000.00	56,000.00
4	AUXILIARES (AYUDANTES)	7 SEMANAS	1,000.00	294,000.00
1	GUARDIAN		2,000.00	50,000.00
			SUBTOTAL C.-	883,000.00

D.- ACCESORIOS

VALVULA DE LLENADO, VACIADO, PURGA SEGURIDAD
TERMOMETRO Y MANOMETRO

SUBTOTAL D.- 500,000.00

E.- USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DENOMINACION	COSTO DIARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
1	ROLADORA	56,000.00	500,000.00
1	SOLDADORA (S.M.A.W)	10,000.00	50,000.00
2	SOLDADORAS (G.M.A.W)	15,000.00	300,000.00
1	EQUIPO DE CORTE	20,000.00	40,000.00
1	BISELADOR	4,000.00	20,000.00
2	AMOLADORA	4,000.00	80,000.00
1	TALADRO	4,000.00	10,000.00
1	CEPILLO ELECTRICO DE CERDAS	3,000.00	15,000.00
1	HERRAMENTAJE DE TALLER	8,000.00	100,000.00
1	HERRAMENTAJE DE CAMPO	5,000.00	15,000.00
1	JUEGO DE ANDAMIOS	3,000.00	10,000.00
1	EQUIPO DE RADIOGRAFIA	40,000.00	120,000.00
1	SISTEMA ELEVADOR (GRUAS)	7,200.00	50,000.00
		SUBTOTAL E.-	1,310,000.00

F.- TRANSPORTE

- COMPRA DE MATERIALES Y ENTREGA EN LA OBRA 8,000.00
- TRASLADO DE EQUIPOS Y MATERIALES A SITIO DE MONTAJE 100,000.00
- UTILIZACION DE VEHICULO PARA SUMINISTROS EN EL MONTAJE 60,000.00
- TRANSPORTE DEL PERSONAL 60,000.00

SUBTOTAL F.- 300,000.00

G.- OBRA CIVIL

- COMPRENDE LA PREPARACION DEL SUELO, RELLENO, COMPACTACION Y CONSTRUCCION DE LA BASE QUE SOPORTA AL TANQUE EN CONSIDERACION

SUBTOTAL G.- 200,000.00

RESUMEN ECONOMICO

A.- MATERIALES DIRECTOS			30,380,000.00
B.- MATERIALES INDIRECTOS			923,600.00
C.- MANO DE OBRA			883,000.00
D.- ACCESORIOS			500,000.00
E.- USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			1,310,000.00
F.- TRANSPORTE			300,000.00
G.- OBRA CIVIL			200,000.00
	COSTO NETO	S/.	34,496,600.00
DIRECCION TECNICA (10%)			3,449,660.00
GASTOS GENERALES (ADMINISTRATIVOS) (5%)			1,724,830.00
IMPREVISTOS (5%)			1,724,830.00
UTILIDAD (25%)			8,624,150.00
			15,523,470.00

COSTO TOTAL DE LA OBRA === S/.50,020,070.00

CONCLUSIONES

Una vez terminado èste trabajo y haciendo un análisis del mismo podemos emitir las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1.- El haber utilizado el código de construcción (ASME- sección VIII) no solo que facilitó los cálculos de diseño para encontrar los valores de espesores de las planchas a usar, sino que también nos dá la certeza de que estos valores son los idóneos ya que en las fórmulas fueron sacadas de las miles de experiencias desarrolladas por los constructores de este tipo de tanques.

2.- De acuerdo a la substancia a ser contenida por el tanque, la selección del material apropiado para la construcción del mismo es un parámetro importantísimo, puesto que de acuerdo a esta selección se escogerán: el proceso de fabricación, tipo de equipo a ser utilizado, tipo de personal, etc. En resumen todo esto inducirá directamente sobre el costo final de la obra, por lo que hacer una selección conbinando todos estos parâmetros es lo adecuado.

Para tener una idea de lo expuesto nos referimos a datos de trabajos similares a èste, diferenciándose

solo en el tipo de material para la construcción y se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el almacenamiento de la misma substancia (gas licuado de petroleo) el contruir el tanque con el acero al carbono A 283 cuesta aproximadamente 12 millones de sucres, construirlo con aluminio suma alrededor de 19 millones de sucres y el hacerlo con acero inoxidable cuesta algo como 45 millones de sucres; haciendo un análisis de la substancia a ser contenida vemos que no es un agente corrosivo severo, ni tampoco es una substancia para consumo humano que es lo que primordialmente nos haría inclinar hacia la utilización de aluminio o acero inoxidable como material base, por lo que la selección ideal sería usar acero al carbono A 283 para la construcción del tanque, puesto que presenta las condiciones de economia y resistencia que se requieren. A no ser de que las condiciones externas requieran una mayor resistencia a la corrosiòn.

Con este ejemplo se puede notar claramente como incide la selección del material para la construcción del tanque, pues la diferencia de costos lo dice a simple vista.

3.- Con el presente trabajo se demuestra que los cálculos de diseño no son difíciles si se usan las técnicas

adecuadas, con la cual se da la pauta de que la construcción de estos recipientes en el país puede hacerse, y esta puede ser tan competitiva como la extranjera, puesto que la construcción y montaje de este tipo de recipientes hasta la fecha la han venido haciendo empresas extranjera, lo cual se puede obviar teniendo como base el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1.- WELDING HANDBOOK; SECCION 4 Y SECCION 5

2.- AVNER SIDNEY II "INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA" 2da EDICION, McGRAW HILL 1979

3.- PATTON W.S. "CIENCIA Y TECNICA DE LA SOLDADURA" ED. URMO, España 1982

4.- TORRES ALBERTO "APUNTES DE CLASE" ESPOL Guayaquil 1984

5.- VEDIA de L. " SOLDADURA" CURSO PANAMERICANO DE METALURGIA

6.- PECKNER DONALD Y J.M. BERNTEIN STAINLESS STEEL HANDBOOK"

7.- BAUMISTER THEODORE AND AVALLONE EUGENE A MANUAL DEL INGENIERO MECANICO, 8ava EDICION McGRAW HILL Bogota 1982

8.- ASME "CODIGO ASME" SECCION VIII New York 1977

9.- GIACHINO JOSEPH Y WILLIAN WEEKS "WELDING SKILLS AND PRACTICES; AMERICAN TECHNICAL SOCIETY ; Chicago 1976

10.-LINCOLN ELECTRIC Co. "THE PROCEDURE HANDBOOK OF ARC WELDING" 13 th EDITION 1973

11.-MEGYSY E. 'THE PRESSURE VESSEL HANDBOOK"

12.-LARBURU NICOLAS "TRAZADO EN EL TALLER DE CALDERERIA" 7 ma EDICION, Barcelona 1977

13.-RUIZ RUBIO ALFONSO

CURSO INTERREGIONAL DE CAPACITACION EN LA GARANTIA DE CALIDAD "RADIOGRAFIA".

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES METALURGICAS

MADRID, 1979.