

# Pressure Vessels – Unidad 1

## Vision General codigo Asme Secc VIII , div 1



## Unidad 1- Indice

1. -Introduccion – Resumen
2. -Diseño de Recipientes a presión -Visión general.
3. -Campo de aplicacion- Notas
4. -Tipos de recipientes formas principales.
5. -Alcance.
6. - Sección VIII -estructura.
7. -Detalle de limites y exclusiones.
8. -Secciones del código directamente relacionadas a secc. VIII.
9. -Factores de selección de material -Resistencia a cargas impuestas
10. -Resistencia a la corrosión-Resistencia al ataque de hidrogeno.
11. -Fractura frágil y resistencia a la fractura.
12. -Ensayo de Charpy-Test de impacto.-Requerimientos adicionales
13. -Temperaturas a considerar -Evaluación simplificada ASME .
14. -Grupos de materiales.
15. -Curvas de excepción –aplicación de test de impacto
16. -Fabricabilidad
17. -Máxima tensión admisible.
18. -Ejercicio 1- Selección de material, basado en la resistencia a la fractura.  
Bibliografía recomendada ,(ultima diapositiva).

- Anexos:
- Estructura del código ASME
- Como apoyo para El curso se adjunta el manual práctico en castellano
- “Diseño y cálculo de recipientes, Eugene . P. Megyesy”  
<http://es.scribd.com/doc/283917881/Megyesy-Manual-de-Recipientes-a-Presion-Diseno-y-Calculol#scrib>
- Estructura del código ASME

# 1. Introduccion - Resumen

- **INTRODUCCION**
- En una visión general este curso de diseño de recipientes a presión, pretende ser una herramienta para ayudar a los ingenieros y gerentes a lograr éxito en los proyectos y negocios. También como apoyo a las tareas de ingeniería e Inspección
- Bienvenidos y deseamos el mejor aprovechamiento de toda este curso
  
- **RESUMEN**
- Los recipientes a presión suelen ser diseñados, fabricados, inspeccionados y probados de acuerdo al código ASME Sección VIII.
- Este tiene tres divisiones separadas. Este curso describe las principales diferencias entre estas.
- Principalmente trata la División I (la mas aplicada). También se ven algunos elementos usados en la practica , no incluidas en esta.
- **OBJETIVO DEL CURSO**
- 1-El objetivo es proveer un conocimiento general sobre diseño de recipientes a presión
- 2-El curso, no puede abarcar todo es evidente pero trata de proveer la suficiente información y entendimiento para abordar este tema.
- 3-Para trabajos , en mayor detalle, se desea proveer un solido punto de partida para desarrollo posterior de los estos.

## 1. Introduccion – Resumen (Cont)

- **OBJETIVO DE LA UNIDAD 1**

- En esta unidad se presentan fundamentos de diseño y estructura código ASME VIII, materiales, selección y evaluación.
- Temas que servirán de marco al desarrollo de las unidades siguientes.

- **Historia de ASME**

- Los recipientes de presión almacenan energía y ello tiene riesgos inherentes de seguridad.
- En varias etapas se desarrollaron reglas y regulaciones relativas a la construcción de calderas y recipientes a presión luego de cantidad de accidentes catastróficos que ocurrieron al comienzo del siglo XX. Con grandes pérdidas de vidas .
- En 1911 resulto evidente para fabricantes y usuarios la falta de uniformidad de las regulaciones, entre los estados , lo que dificultaba el comercio interestatal en EE UU.
- Un grupo de estas partes interesadas, llamo al Consejo de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, para asistir en la formulación de especificaciones estándar para calderas y recipientes de presión. La Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos fue organizada en 1880, como una sociedad educacional y técnica .

## 1. Introducción – Resumen (Cont)

- A.S.M.E- American Society of Mechanical Engineers.
- Luego de años de desarrollo y divulgación pública, la primera edición del ASME Rules of Construcción of Stationary Boilers and for Allowable Working Pressures, se publicó en 1914, y se adoptó formalmente en la primavera de 1915.
- El primer código para recipientes a presión titulado Rules for the Construction of Unfired Pressure Vessels, lo siguió en 1925.
- Desde estos simples comienzos, el código hoy día tiene 11 secciones, con múltiples subdivisiones, partes subsecciones y apéndices mandatorios y no mandatorios.
- En los EE UU, todos los recipientes de presión para las industrias de proceso, se deben diseñar y construir de acuerdo a La Sección VIII Div 1.
- Estos pueden tener o no el certificado, Estampa ASME.

## 2-DISEÑO de RECIPIENTES A PRESION -Visión general

- **Principales temas del curso**

- General.
- Materiales de construcción.
- Diseño.
- Otras consideraciones de diseño.
- Fabricación.
- Inspección .
- Pruebas.

- **Alcance:**

- El curso trata el diseño de recipientes a presión y es de naturaleza introductoria
- Se basa en la sección VIII del código ASME
- Se trata especialmente la Sección ASME VIII, división 1 sin dejar de mencionar las divisiones 2 y 3.
- Se han introducido también algunos temas no cubiertos por el código .

## 3-Campo de aplicacion

- **Aplicación:**
- **Para los siguientes tipos de recipientes**
- Contenedores de presión para fluidos bajo presión.

Usados en industrias variadas.

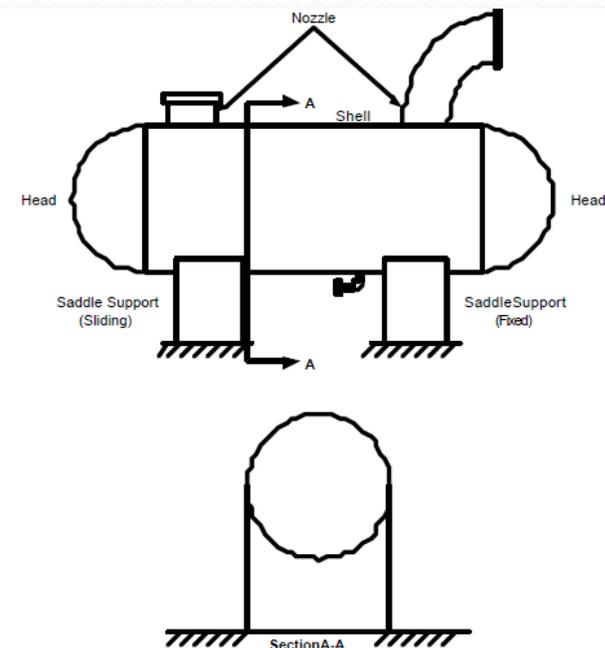
- -Refinerías de petróleo
- -Químicas.
- -Plantas de industria energéticas
- -Papeleras y pasteras
- -Alimenticias
- -Etc.

## 4-Tipos de recipientes formas principales

- Se pueden en principio definir , algunos grupos mas comunes de formas constructivas de recipientes.
- Esta forma y datos principales generalmente esta definida en las hojas de datos de ingeniería básica de proceso.

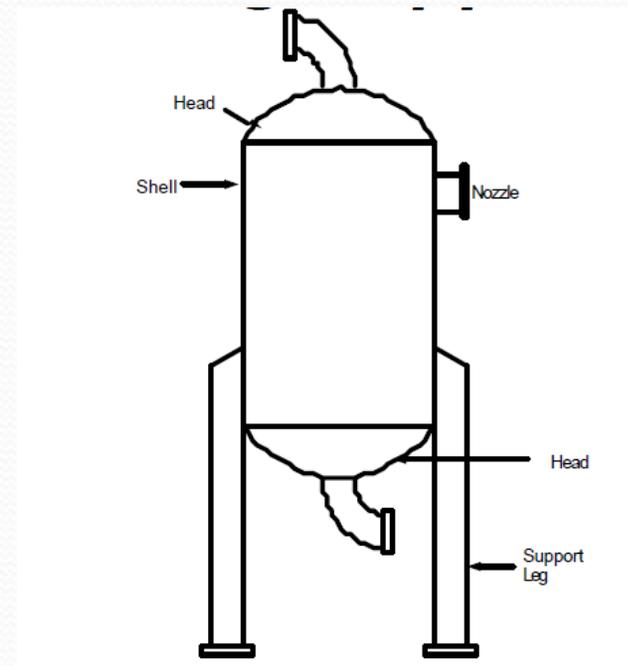
- **1-Horizontales soportados sobre monturas.**

- Notas:
- a- Requieren un soporte fijo y uno deslizante.
- b- Los cabezales pueden semiesféricos o semielípticos.



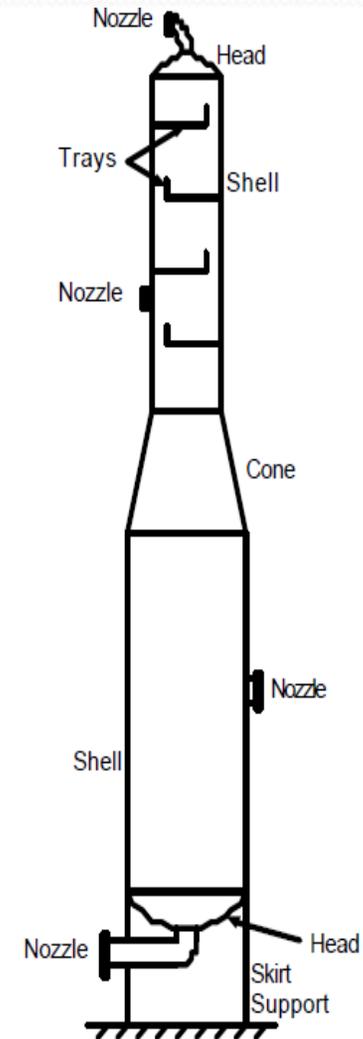
## 4-Tipos de recipientes formas principales

- **2-Vertical soportado por patas**
- a-Pueden, ser construidos con tres o
- cuatro patas según los requerimientos
- de las cargas de diseño.
- b-Los cabezales generalmente son semielipticos
- rel. 2:1



## 4-Tipos de recipientes formas principales

- **3-Torre vertical de gran altura**
- a-Se soporta sobre una pollera “skirt”. Y bulones de anclaje
- b-Es muy importante el estudio por viento y sismo.
- c-Se deben tener en cuenta las diferentes temperaturas en toda la longitud, para definir zonas, las cuales incluso pueden ser de diferentes espesores y materiales.
- d-Estas “torres”, tienen plataformas y escaleras a distintos niveles, es necesario un gran esfuerzo de diseño para el piping asociado, para definir la orientación de conexiones.
- e-Según los problemas de transporte que se presenten pueden tener varias secciones a soldar en obra.
- f- Las conexiones , generalmente bridadas son para cañerías, instrumentos, manways, otros equipos anexos (p. ej , rehervidores).
- g- Hay conexiones que pueden extenderse en el interior del recipiente en forma de colectores - distribuidores.
- h- Toda provisión de internos , (bandejas de borboteo, separadores de gota , etc.). No es parte del recipiente



## 4-Tipos de recipientes formas principales

- **4-Reactor Vertical**

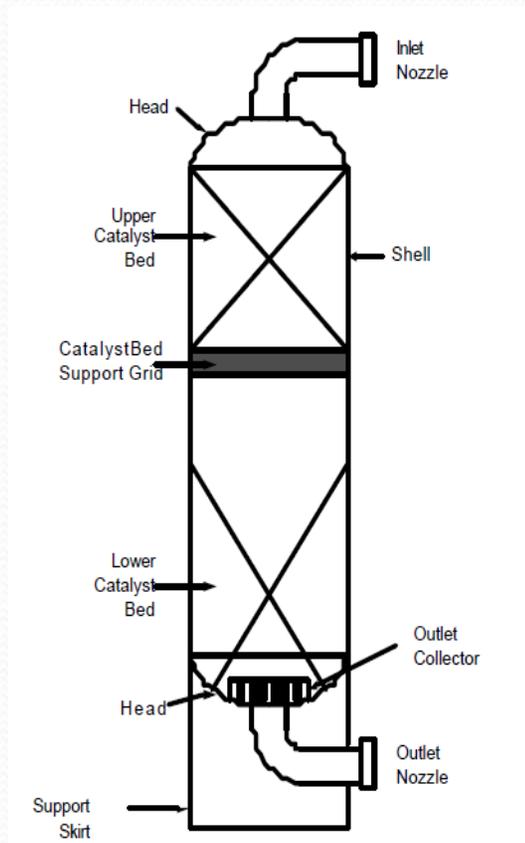
a-Son similares a las torres pero de menor altura.

Contienen catalizadores y elementos donde se desarrollan procesos químicos.

En general con altas temperaturas.

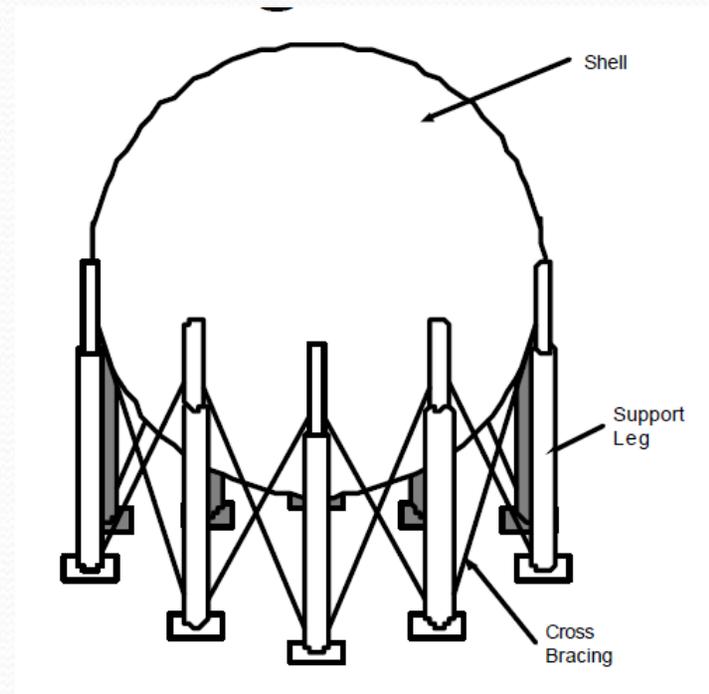
b-Pueden tener conexiones muy especiales para la carga de catalizadores.

c- Los casquetes pueden ser semielípticos o semiesféricos.



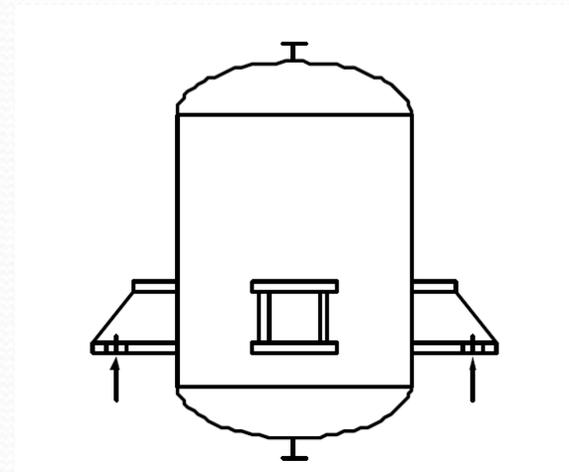
## 4-Tipos de recipientes formas principales

- **5-Esferas de almacenaje a presión**
  - a) En instalaciones de almacenaje de grandes volúmenes de gas a presión de allí la forma esférica.
  - b) Los brazos cruzados , entre las patas son para resistir cargas horizontales de viento y sismo



## 4-Tipos de recipientes formas principales

- **6-Recipiente vertical sobre “Lugs”**
- Pequeños recipientes montados sobre estructuras con bulones de anclaje.
- El diámetro, no supera los 3 Mts en general.
- La relación altura diámetro esta en general
- Entre 2 : 1 a 5 : 1.



## 5-Alcance

- **Alcance del código ASME sección VIII**
- Uso de la sección VIII , en el mundo. Forma parte legal y contractual de gran cantidad de equipos para todo tipo de plantas.
- Objetivo: Requerimientos mínimos de seguridad, construcción y operación
- División 1 , 2 , 3. Para diferentes aplicaciones.
  
- **Alcance- Sección VIII División 1**
- Presión 15 psig < 3000 psig
- Aplicable hasta la primer conexión a cañería.  
(ej.cara de la brida de conexión o soldadura a cañería)
  
- **Exclusiones** (Luego se vera en mayor detalle)
  - Adjuntos soldados al recipiente)
  - Calentadores de fuego-I
  - Internos (excepto para los adjuntos soldados al recipientes)
  - Contenciones de presión con maquinaria.
  - Sistemas de cañerías.

## 5-Alcance

- **Alcance- Sección VIII División 2-Reglas alternativas**

Alcance idéntico a la división 1 pero con diferentes requerimientos en:

- Tensiones admisibles
- Cálculos de tensiones
- Diseño
- Control de calidad
- Fabricación e Inspección

**Puede haber alternativas entre división 1 y 2 basada en costos**

- En esta división, se utilizan tres principales mayores exigencias
- No se usa una tensión admisible, sino una de membrana  $S_m$ , para límite de tensión. Este valor es más alto que el de la división 1.
- Estudio más discriminado y detallado, en diferentes condiciones y categorías de carga, operación Normal, Anormal Emergencias, Falla. Con límite de  $S_m$  diferentes.
- Cálculo usando software de elementos finitos, para análisis de tensiones detallado.
- Los requisitos de calidad de materiales, inspección, y test son mayores que los de la división 1.

## 5-Alcance (cont)

- **Alcance- Sección VIII División 3- Construcción recipientes de alta presión-Reglas alternativas**
- Aplicaciones sobre 10000 psi
- Presión de una fuente externa, reacción química de proceso, aplicación de calor , o combinación de ambos.
- No se establece limite de máxima presión para la div 1 y 2 o limites mínimos para la div 3.

## 6- Sección VIII div 1 -estructura

- Estructura de la sección VIII Div 1 (Tres subsecciones)
- Subsección A
- -Parte aplicable a todos los recipientes. **UG**
- Subsección B
- -Requerimientos basados en los métodos de fabricación.
- -Partes **UW, UF, UB**
- Subsección C- (Aquí se encuentran los valores de tensiones admisibles y demás datos de materiales)
- -Requerimientos basados en las clases de materiales.
- -Partes **UCS , UNF , UHA , UCI , UCL , UCD , UHT , ULW , ULT.**
- Apéndices mandatorios y no mandatorios. (Siguiente)

## 6- Sección VIII -estructura -Apéndices mandatarios

Appendix 1	Supplementary Design Formulas .....
Appendix 2	Rules for Bolted Flange Connections With Ring Type Gaskets .....
Appendix 3	Definitions .....
Appendix 4	Rounded Indications Charts Acceptance Standard for Radiographically Determined Rounded Indications in Welds.....
Appendix 5	Flanged and Flued or Flanged Only Expansion Joints .....
Appendix 6	Methods for Magnetic Particle Examination (MT) .....
Appendix 7	Examination of Steel Castings.....
Appendix 8	Methods for Liquid Penetrant Examination (PT).....
Appendix 9	Jacketed Vessels .....
Appendix 10	Quality Control System.....
Appendix 11	Capacity Conversions for Safety Valves.....
Appendix 12	Ultrasonic Examination of Welds (UT).....
Appendix 13	Vessels of Noncircular Cross Section .....
Appendix 14	Integral Flat Heads With a Large, Single, Circular, Centrally Located Opening .....
Appendix 16	Submittal of Technical Inquiries to the Boiler and Pressure Vessel Committee .....
Appendix 17	Dimpled or Embossed Assemblies .....
Appendix 18	Adhesive Attachment of Nameplates .....

## 6- Sección VIII -estructura -Apéndices mandatarios (cont.)

Appendix 19	Electrically Heated or Gas Fired Jacketed Steam Kettles .....
Appendix 20	Hubs of Tubesheets and Flat Heads Machined From Plate .....
Appendix 21	Jacketed Vessels Constructed of Work-Hardened Nickel.....
Appendix 22	Integrally Forged Vessels .....
Appendix 23	External Pressure Design of Copper, Copper Alloy, and Titanium Alloy Condenser and Heat Exchanger Tubes With Integral Fins .....
Appendix 24	Design Rules for Clamp Connections .....
Appendix 25	Acceptance of Testing Laboratories and Authorized Observers for Capacity Certification of Pressure Relief Valves .....
Appendix 26	Pressure Vessel and Heat Exchanger Expansion Joints .....
Appendix 27	Alternative Requirements for Glass-Lined Vessels .....
Appendix 28	Alternative Corner Weld Joint Detail for Box Headers for Air-Cooled Heat Exchangers.....
Appendix 29	Requirements for Steel Bars of Special Section for Helically Wound Interlocking Strip Layered Pressure Vessels.....
Appendix 30	Rules for Drilled Holes Not Penetrating Through Vessel Wall.....
Appendix 31	Rules for Cr-Mo Steels With Additional Requirements for Welding and Heat Treatment .....
Appendix 32	Local Thin Areas in Cylindrical Shells and in Spherical Segments of Shells..

## 6- Sección VIII -estructura -Apéndices no mandatarios

Appendix A	Basis for Establishing Allowable Loads for Tube-to-Tubesheet Joints....
Appendix C	Suggested Methods for Obtaining the Operating Temperature of Vessel Walls in Service.....
Appendix D	Suggested Good Practice Regarding Internal Structures.....
Appendix E	Suggested Good Practice Regarding Corrosion Allowance .....
Appendix F	Suggested Good Practice Regarding Linings .....
Appendix G	Suggested Good Practice Regarding Piping Reactions and Design of Supports and Attachments .....
Appendix H	Guidance to Accommodate Loadings Produced by Deflagration .....
Appendix K	Sectioning of Welded Joints .....
Appendix L	Examples Illustrating the Application of Code Formulas and Rules.....
Appendix M	Installation and Operation.....
Appendix P	Basis for Establishing Allowable Stress Values.....
Appendix R	Preheating.....
Appendix S	Design Considerations for Bolted Flange Connections.....
Appendix T	Temperature Protection .....
Appendix W	Guide for Preparing Manufacturer's Data Reports .....
Appendix Y	Flat Face Flanges With Metal-to-Metal Contact Outside the Bolt Circle .
Appendix DD	Guide to Information Appearing on Certificate of Authorization (See Fig. DD-1) .....
Appendix EE	Half-Pipe Jackets .....

## 7-Detalle de limites y exclusiones

- **Recipientes Fuera del alcance de Asme VIII-** U-1 (c) y U-1 (d)
- Equipos dentro del alcance de otra sección.
- Calentadores tubulares a fuego directo.
- Calentadores presurizados que forman parte integral de equipos rotativos o alternativos como bombas , compresores , turbinas , etc
- Estructuras cuya función principal sea el transporte de fluidos , ejemplo sistema de cañerías.
- Componentes de cañerías como caño, brida , burlonería , juntas de expansión, etc.
- Recipientes contenedores de agua a presión incluidos aquellos con aire cuya única función sea la de colchón y cuando no exceda aproximadamente 2000 kpa y 100°C de diseño.
- Tanques de almacenaje para suministro de agua caliente, calentamiento , a vapor o mediante alguna otra fuente externa y siempre que no exceda un aporte de calor de 58.6 KW, temperatura de agua 99°C y una capacidad de 0.45 m3.
- Recipientes diseñados a una presión interna o externa inferior a 1 Kg/cm2.
- Recipientes que tengan un diámetro interior , ancho , altura , o diagonal de su sección transversal que no exceda 6”
- Recipientes para ocupación humana.
- Presiones de diseño de mas de 3000 Psig , salvo que se tomen provisiones de formulación necesarias.

## 7-Detalle de limites de aplicación

- Limites de aplicación del código U-1 (e)
- Para conexiones soldadas, la primera soldadura circunferencial.
- La primera unión roscada
- La cara de contacto de la unión bridada
- Primera superficie de sello con un dispositivo externo
- Bridas ciegas de conexiones cegadas. (Ej :conexiones de reserva o futuras)
- Previsiones para dispositivos de seguridad

## 8-Secciones del código directamente relacionadas a secc VIII

- (Ver, estructura general , Anexo 1)
- **Seccion II-** Especificaciones de materiales
  - Parte A- Materiales ferrosos
  - Parte B- Materiales no ferrosos
  - Parte C- Varillas de soldar, electrodos, y materiales de aportes
- **Seccion V-** Ensayos no destructivos.
- **Seccion IX-** Calificacion de soldaduras
- **Especialmente los inspectores, deberan manejar estas secciones junto a la VIII.**

## 9 -Factores de selección de material

### -Resistencia a cargas impuestas

- **Factores de selección de material.**
- Resistencia
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia al ataque del hidrogeno.
- Resistencia a la fractura
- Fabricabilidad.
  
- **Resistencia cargas impuestas**
- Determinación de los espesores de los componentes
- Resistencia a todas las cargas determinada por:
  - -Limite de fluencia
  - -Limite de resistencia a la tracción.
  - -Resistencia a creep
  - -Limite de resistencia a la rotura

# 10 -Resistencia a la corrosion

## -Resistencia al ataque de hidrogeno

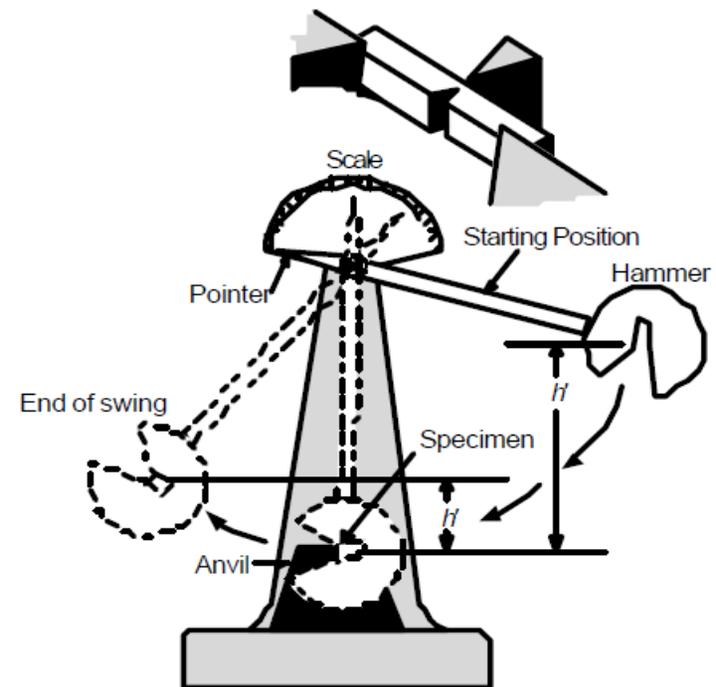
- **Resistencia a la corrosión**
- Deterioro del metal por acción química
- Factores mas importantes a tener en cuenta.
- Espesor adicional por corrosión
- Elementos admisibles para proveer resistencia adicional a la corrosion
  
- **Resistencia al ataque de Hidrogeno**
- A 300 – 400 °F, el hidrogeno monoatómico, se aloja dentro de poros, allí se forma hidrogeno molecular.
- -La acumulación de presión puede causar fisuras
- -Por sobre los 600° F, el ataque puede causar daño irreparable en todo el espesor.

## 11-Fractura frágil y resistencia a la fractura

- Resistencia a la fractura, capacidad del material de resistir a las condiciones que pueden producir fractura frágil.
- **Fractura frágil**
- -Típica a bajas temperaturas.
- -Puede ocurrir debajo de la presión de diseño.
- -No hay fluencia antes de la falla completa.
- Condiciones requeridas para la fractura frágil.
- -Suficiente alta tensión para iniciar la fisura y su desarrollo
- -Baja de resistencia a la fractura, debido a la baja temperatura.
- -Defecto de dimensionamiento, que provoca concentración de tensiones
- Factores que influyen la Resistencia a la fractura
- -La resistencia varía con: Temperatura, Tipo y composición química del material.
- Manufactura y proceso de fabricación.
- -Otros factores de influencia. Golpes de arco en un área reparada, Stress o defectos superficiales por debidos al conformado en frío.

## 12-Ensayo de Charpy-Test de impacto

- Se usa para evaluar la resiliencia (Cantidad de energía por unidad de superficie que almacena el material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada).
- La curva de resiliencia vs temperatura dará la pauta de aceptabilidad.
- En Ac Carbono @ 20 C ----Resiliencia 10.8 Kg/cm<sup>2</sup>  
@ -20 C----Resiliencia 1.6 Kg/cm<sup>2</sup>
- Se usa para materiales de :
  - **Codigo ASME- Evaluacion de fractura fragil**
  - – Shells
  - – Manways
  - – Heads
  - – Reinforcing pads
  - – Backing strips that remain in place
  - – Nozzles
  - – Tubesheets
  - – Flanges
  - – Flat cover plates
  - – Attachments essential to structural integrity that are welded to pressure parts.



## 12-Requerimientos adicionales de ASME, test de impacto

- Requerimientos adicionales de Código ASME , test de impacto
- Requerido para construcciones de espesor mayor a 4" soldadas , o no soldadas mayores a 6" de espesor.
- Si la MDMT < 120°F.
- No se requiere en bridas si la temperatura es mayor o igual a -20°F.
- Se requiere si SMYS > 65 ksi , solo que se exceptue específicamente
- No se requiere usar las temperatura especificadas para el material para los test de baja temperatura. Se puede usar la temperatura de ensayo de impacto.
- Se permite una reducción de 30°F de la MDMT, si no se requiere PWHT en un acero P-1 por el código.
- Se puede reducir MDMT, si se calcula con una tensión reducida.
  
- Nota: P-1 , índice de soldabilidad familia de materiales (Acero Carbono, en este caso)  
Ver punto 18 Ejercicio 1

## 13-Temperaturas a considerar

### -Evaluacion simplificada ASME

- Temperaturas a considerar

Minima temperatura de diseño del metal (**MDMT**)

La mas baja temperatura, a la cual el metal tiene una adecuada resistencia a la fractura.

Temperatura critica de exposición (**CET**)

Minima temperatura a la cual se encuentra el material sometido a una tensión de membrana significativa.

- 
- Evaluacion simplificada ASME
- Las especificaciones de materiales se clasifican en grupos **A** al **D**.
- Curvas de excepción de test de impacto.
- -Para cada grupo de materiales.
- -Aceptable si : **MDMT** vs **espesor** donde el test de impacto no se requiere
- Si la combinación entre grupo de materiales y espesor da donde no se permite exceptuar, se debe realizar el test de impacto a temperatura **CET**.

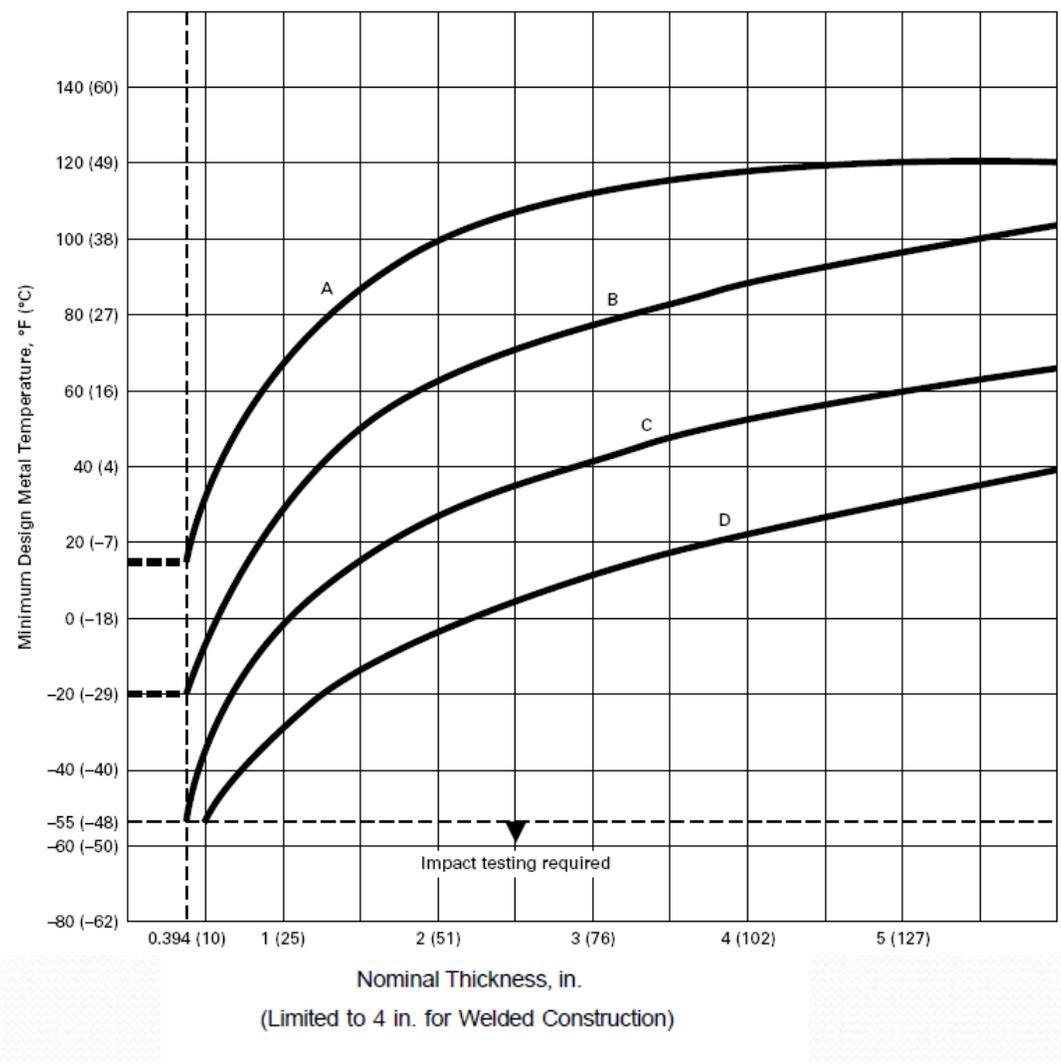
## 14-Grupos de materiales

- FIG. UCS-66 (CONT'D)
- GENERAL NOTES ON ASSIGNMENT OF MATERIALS TO CURVES:
- **(a) Curve A applies to:**
- (1) all carbon and all low alloy steel plates, structural shapes, and bars not listed in Curves B, C, and D below;
- (2) SA-216 Grades WCB and WCC if normalized and tempered or water-quenched and tempered; SA-217 Grade WC6 if normalized and tempered or water-quenched and tempered.
- **(b) Curve B applies to:**
- (1) SA-216 Grade WCA if normalized and tempered or water-quenched and tempered
- SA-216 Grades WCB and WCC for thicknesses not exceeding 2 in., if produced to fine grain practice and water-quenched and tempered
- SA-217 Grade WC9 if normalized and tempered
- SA-285 Grades A and B
- SA-414 Grade A
- SA-515 Grade 60
- SA-516 Grades 65 and 70 if not normalized
- SA-612 if not normalized
- SA-662 Grade B if not normalized;
- (2) except for cast steels, all materials of Curve A if produced to fine grain practice and normalized which are not listed in
- **Curves C and D below;**
- (3) all pipe, fittings, forgings and tubing not listed for Curves C and D below;
- (4) parts permitted under UG-11 shall be included in Curve B even when fabricated from plate that otherwise would be assigned to a different curve.

## 14-Grupos de materiales (cont)

- **(c) Curve C**
- (1) SA-182 Grades 21 and 22 if normalized and tempered
- SA-302 Grades C and D
- SA-336 F21 and F22 if normalized and tempered
- SA-387 Grades 21 and 22 if normalized and tempered
- SA-516 Grades 55 and 60 if not normalized
- SA-533 Grades B and C
- SA-662 Grade A;
- (2) all material of Curve B if produced to fine grain practice and normalized and not listed for Curve D below.
- **(d) Curve D**
- SA-203
- SA-508 Grade 1
- SA-516 if normalized
- SA-524 Classes 1 and 2
- SA-537 Classes 1, 2, and 3
- SA-612 if normalized
- SA-662 if normalized
- SA-738 Grade A
- (e) For bolting and nuts, the following impact test exemption temperature shall apply:
- **Bolting**
- Impact Test
- Spec. No. Grade Exemption Temperature, °F SA-193 B5 -20 SA-193 B7 (2½ in. dia. and under) -55
- (Over 2½ in. to 7 in., incl.) -40 SA-193 B7M -55 SA-193 B16 -20 SA-307 B -20 SA-320 L7, L7A, L7M, L43 Impact tested

# 15-Curvas de excepcion –aplicación de test de impacto para Aceros de bajo carbono y de baja aleación (UCS -66 al UCS-68)



## 16-Fabricabilidad

- **Fabricabilidad** (Algunos fabricantes lo denominan el sector de desarrollo, se ocupa de analizar la ingeniería para definir como se construirá el recipiente)
- Facilidad de construcción
- No se requiere prácticas de fabricación especiales.
- El material debe ser soldable.
  
- Lo anterior implica el análisis de :
  - Materiales a emplear y aprovechamiento de estos incluyendo desarrollo y aprovechamientos de chapa
  - Herramientas y dispositivos necesarios.
  - Maquinas herramientas
  - Tipos de soldaduras y procedimientos .
  - Planes de inspección.
  - Planes de pruebas y tratamientos térmicos.
  - Desarrollo de planos constructivos de detalle necesarios.

## 17- Máxima tensión admisible

### -Máxima tensión admisible- UG .23

- Stress (tensión) - fuerza por unidad de área que resiste las cargas inducidas por cargas externas.
- Los componentes se deben diseñar para mantenerse dentro de los límites de seguridad.
- La máxima tensión admisible
- -Incluye margen de seguridad.
- -Varia con la temperatura y la norma del material.
  
- Las tensiones máximas admisibles, se dan para los diferentes materiales en la subsección "C". De ASME VIII, D1.
- También se pueden consultar en tablas de ASME II, para los ASTM ,homologados por ASME, en esta sección especial de materiales.

## 17- Máxima tensión admisible tabla

ALLOWABLE STRESS IN TENSION FOR CARBON AND LOW-ALLOY STEEL						
Spec No.	Grade	Nominal Composition	P-No.	Group No.	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)
<b>Carbon Steel Plates and Sheets</b>						
SA-515	55	C-Si	1	1	30	55
	60	C-Si	1	1	32	60
	65	C-Si	1	1	35	65
	70	C-Si	1	2	38	70
SA-516	55	C-Si	1	1	30	55
	60	C-Mn-Si	1	1	32	60
	65	C-Mn-Si	1	1	35	65
	70	C-Mn-Si	1	2	38	70
<b>Plate - Low Alloy Steels</b>						
SA-387	2 Cl.1	1/2Cr-1/2Mo	3	1	33	55
	2 Cl.2	1/2Cr-1/2Mo	3	2	45	70
	12 Cl.1	1Cr-1/2Mo	4	1	33	55
	12 Cl.2	1Cr-1/2Mo	4	1	40	65
	11 Cl.1	1 1/4Cr-1/2Mo-Si	4	1	35	60
	11 Cl.2	1 1/4Cr-1/2Mo-Si	4	1	45	75
	22 Cl.1	2 1/4Cr-1Mo	5	1	30	60
	22 Cl.2	2 1/4Cr-1Mo	5	1	45	75

## 17- Máxima tensión admisible tabla (cont.)

ALLOWABLE STRESS IN TENSION FOR CARBON AND LOW ALLOY STEEL												
Max Allowable Stress, ksi (Multiply by 1,000 to Obtain psi)												
for Metal Temperature, °F, Not Exceeding												
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	Spec No.
<b>Carbon Steel Plates and Sheets</b>												
13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	-	-	--	--	SA-515
15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	--	--	SA-515
16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	-	-	--	--	SA-515
17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	--	--	SA-515
<b>Plate-Low Alloy Steels (Cont'd)</b>												
13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.3	9.2	5.9	-	-	--	--	SA-387
17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	16.9	9.2	5.9	-	-	--	--	SA-387
13.8	13.8	13.8	13.8	13.4	12.9	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	SA-387
16.3	16.3	16.3	16.3	15.8	15.2	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	SA-387
15.0	15.0	15.0	15.0	14.6	13.7	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2	SA-387
18.8	18.8	18.8	18.8	18.3	13.7	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2	SA-387
15.0	15.0	15.0	15.0	14.4	13.6	10.8	8.0	5.7	3.8	2.4	1.4	SA-387
17.7	17.2	17.2	16.9	16.4	15.8	11.4	7.8	5.1	3.2	2.0	1.2	SA-387

## 18- Ejercicio 1-Selección de material, por fractura frágil

- Datos
- Recipiente horizontal nuevo
- CET = -2 °F
- Envolverte y cabezales material SA 516 Gr 70
- Cabezales cilíndricos espesor 1/2"
- Cilindro , envolverte , espesor 1.0 "
- No se especifica test de impacto.
- ¿Es esto correcto?.
- Si no lo es , ¿que se debe hacer?
  
- Solución
- Debemos asumir SA-516 Gr 70 no normalizado
- De lo anterior corresponde la curva B del material de la tabla
- Para cabezales espesor 1/2" >>>>>>>>> -7°F.
- Chapa de espesor 1/2", exceptuada de test de impacto porque
- MDMT < CET

## 18-Ejercicio 1-

### Selección de material, basado en la resistencia a la fractura. (cont.)

- Para envoltente cilíndrica espesor  $1''$  S/curva B >>>>>>>>  $31^{\circ}\text{F}$
- **Requiere** - No se exceptúa del test de impacto ( $31 > -2$ )
  
- Primer opción
- Realizar el test de impacto a  $-2^{\circ}\text{F}$  , Si lo supera es aceptable el material
  
- Otra opción
- Utilizar chapa SA-516 Gr70, normalizado en ese caso se usa la curva de material D
- Para espesor  $1''$ , S/curva D >>>>>>>>  $\text{MDMT} = -30^{\circ}\text{F}$
- **MDMT < CET** ----- Exceptuado , No es requerido el test de impacto

### Selección final de material

- Tomar una opción basada en el costo de material o disponibilidad, en caso de que la chapa no normalizada no pueda superar el test de impacto.



## ANEXO 1- BIBLIOGRAFIA

- Como referencia de bibliográfica, se recomienda tener los siguientes libros de consulta.
- ASME VIII div 1
- T.E.M.A.: Standards of the Tubular Exchanger Manufacturer Association –
- API 660: Shell and Tube Heat Exchanger for General Refinery Services –
- API 661: Air-Cooled Heat Exchanger for General Refinery Services –
- Bulletin 107 WRC: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loading –
- Pressure Vessel Design Handbok – Henry H. Bednar .
- Pressure Vessel Design Manual – Dennis R. Moss .
- Pressure Vessel Handbook – Eugene F. Megyesy .
- Process equipment , Vessels – Brownell & Young
  
- **Nota: Se incluyen estos los que también son los más usados para el cálculo y diseño de partes de recipientes , no incluidas en el código.**

# Pressure Vessels –Unidad 2

## Vision General codigo Asme Secc VIII , div 1



## Índice (cont.)

- 19 -Condiciones de diseño y cargas.
- 20 -Categorías de soldaduras.
- 21 -Tipos de soldaduras.
- 22 -Eficiencias de junta.
- 23 -Resumen de ecuaciones del código.
- 24 -Tipos de casquetes conformados. Transición envolvente- casquete cilíndrico.
- 25 - Problema ejemplo 1-Espesor requerido por presión interna.
- 26 -Problema ejemplo 2-Espesor requerido por presión interna- Cilindro.

Anexo 1- Detalle y comentarios ecuaciones del código.

Anexo 2- Cargas sobre recipientes.

Anexo 3- Uso y características de programa PV Elite.

## Índice (cont.)

### Objetivos de la unidad 2:

- En la unidad 2, se abordan los temas de condiciones de diseño y cargas , Tensiones admisibles, Soldaduras componentes de recipientes. Para el diseño por presión interna.
- Se dan cálculos y ejemplos por presión interna, también formulas aplicables
- En los anexos , se pueden ver mas detalladamente , las formulas del código e información sobre software PV Elite

## 19- Condiciones de diseño y cargas

- **Temperatura de diseño**
- Esta temperatura aparte estar relacionada a las condiciones ambientales, puede ser origen de tensiones térmicas diferenciales por cambios de temperatura en determinados lugares de el cuerpo del recipiente.
- Se toma la temperatura esperada en la mitad del espesor de pared del recipiente.
- Es también usual tomar la temperatura del fluido, con un margen de seguridad de por ejemplo 50°F
  
- **DESIGN TEMPERATURE UG- 20**
- *(a) Maximum. the maximum temperature used in design shall be not less than the mean metal temperature (through the thickness) expected under operating conditions for the part considered*
- *If necessary, the metal temperature shall be determined by computation or by measurement from equipment in service under equivalent operating conditions.*
- *(b) Minimum. The minimum metal temperature used in design shall be the lowest expected in service .*

## 19-Condiciones de diseño y cargas (cont.)

- Temperatura ej : Zonas de temperatura en torres

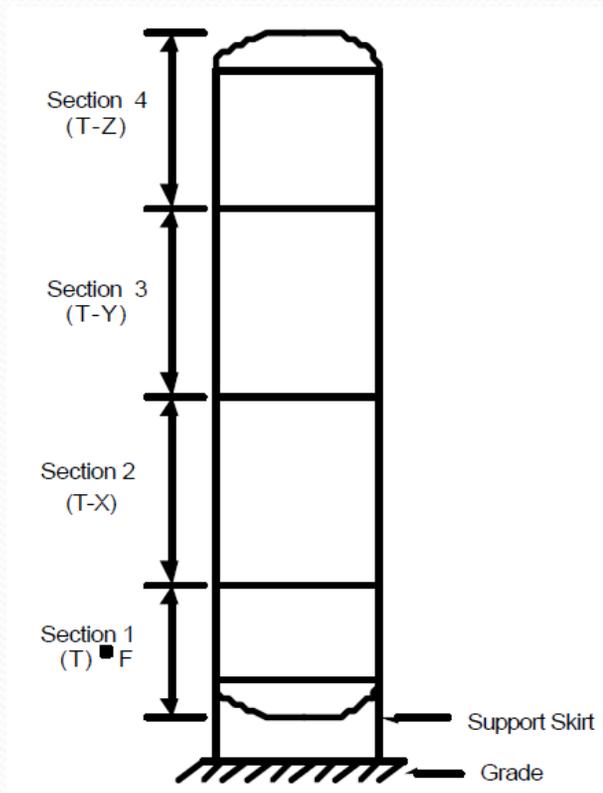
- Definidas según las condiciones de proceso.

Nota:

Tener en cuenta que los cambios de temperatura, pueden tener un correspondiente cambio de material de Construcción

- Presión interna:

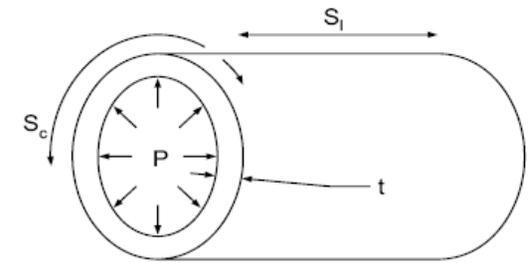
Esta , esta relacionada con la tensión circunferencial “Hoop“, la que se ve también tiene que ver con las categorías de soldaduras , para juntas circunferenciales y longitudinales . También con los factores de eficiencia de junta



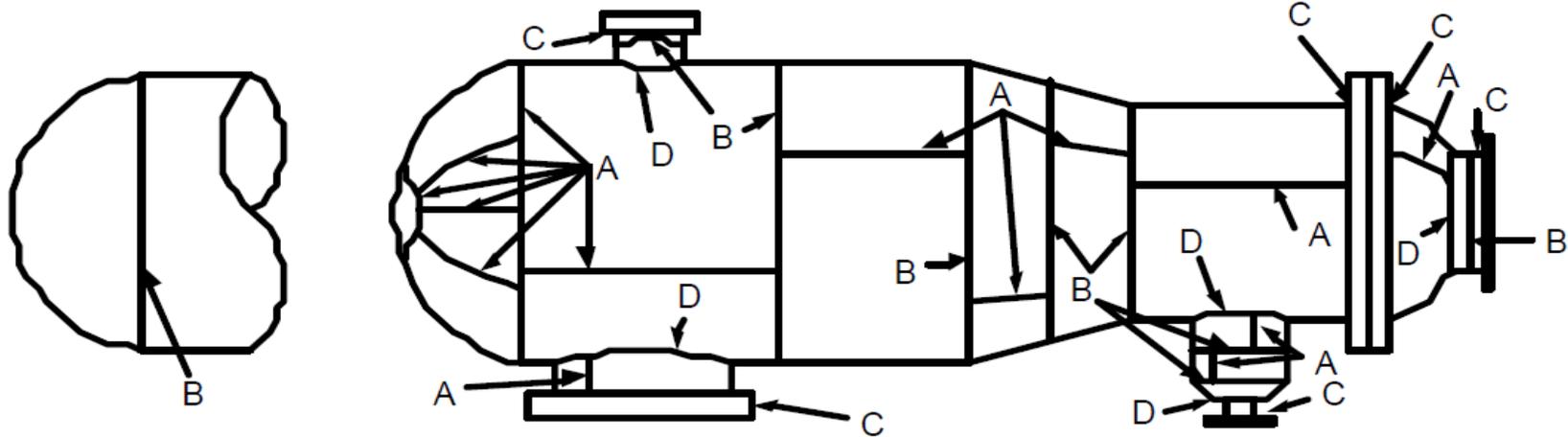
## 19- Condiciones de diseño y cargas (cont.)

- **Cargas adicionales.**
- **Peso del recipiente y de su contenido** normal, bajo operación y condiciones de prueba.
- **Cargas estáticas impuestas de peso** , debidas a elementos montados.
- Por ejemplo:
- Motores, maquinaria, otros recipientes, cañerías, recubrimientos (linings), aislación térmica.
- Cargas por soportes
- Cargas sobre soportes para internos de recipientes
- Viento , nieve , reacciones por sismo.
- Reacciones dinámicas cíclicas causadas por variaciones de presión y temperatura, equipos montados sobre el recipiente, y cargas mecánicas.
- Presión de prueba hidráulica combinada con peso en esa condición.
- Reacciones de impacto , ejemplo por golpes de ariete.
- Gradientes de temperatura entre componentes del recipiente y expansión térmica diferencial entre componentes del recipiente.

# 20-Categorías de soldaduras



- $S_l$  = Longitudinal Stress
- $S_c$  = Circumferential (Hoop) Stress
- $t$  = Wall Thickness
- $P$  = Internal Pressure



# 21-Tipos de soldaduras

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 1 |   | <p>Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surface.</p> <p>Backing strip, if used, shall be removed after completion of weld.</p> |
| 2 |   | <p>Single-welded butt joint with backing strip which remains in place after welding.</p>  |
| 3 |  <p data-bbox="646 852 821 902">For circumferential joint only</p> | <p>Single-welded butt joint without backing strip.</p>  |
| 4 |   | <p>Double full fillet lap joint.</p>  |
| 5 |   | <p>Single full fillet lap joint with plug welds.</p>  |
| 6 |   | <p>Single full fillet lap joint without plug welds.</p>   |

## 22-Factores de eficiencia de junta UG -12

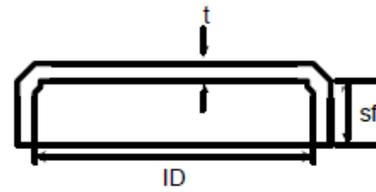
**TABLA UW-12**  
Maximas eficiencias de junta admisibles

Tipo No	Descripcion	Limitaciones	Categoria de junta	Grado de examinacion Radiografica		
				a)Full	b)Spot	c)sin examen
(1)	Uniones a tope, con doble union o por otros medios, por los cuales se obtenga la misma calidad de material depositado en el interior y exterior.	Ninguna	A, B, C, D	1.00	085	070
(2)	Uniones a tope, simple, o no Incluida en (1)	(a)ninguna (excepto lo indicado en b)	A, B, C, D	1.00	0.80	0.65
		(b)Uniones a tope circunferenciales Ver UW 13 (c); UW 13 1, sketch (k)	A, B, C	0.90	0.80	0.65
(3)	Union a tope simple, sin anillo de respaldo.	Solo juntas circunferenciales, con espesor menor a 5/8", y diametros externos hasta 24"	A, B, C	NA	NA	0.60
(4)	Doble filete,lap joint	(a)Juntas longitudinales, en esp. menor a 3/8"	A	NA	NA	0.55
		(b)Juntas circunferenciales en esp men. a 5/8"	B & C	NA	NA	0.55
(5)	Filete simple, lap joint, con "plugs" en refuerzos, (UW-17)	(a)Juntas circunferenciales, en agregados a cabezales no mayores a 24" (Diam int). Con espesor menor a 1/2"	B	NA	NA	0.50
		(b)Juntas circunferenciales, agregados en camisas, en espesores menores a 5/8"	C	NA	NA	0.50
(6)	Filete simple;laps joint, sin "plugs"	(a)Para los agregados a cabezales, con esp. menores a 5/8", solo en el interior	A & B	NA	NA	0.45
		(b)Para agregados, en cabezales, que tienen presion en ambos lados, con diam int .menor a 24" y un expesor de filete requerido, menor a 1/4", solo en el exterior .	A & B	NA	NA	0.45

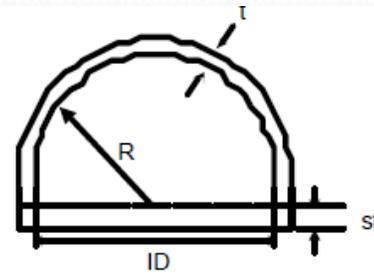
## 23-Resumen de ecuaciones del código

Part	Thickness, $t_p$ , in.	Pressure, P, psi	Stress, S, psi
<b>Cylindrical shell</b>	$\frac{Pr}{SE_1 - 0.6P}$	$\frac{SE_1 t}{r + 0.6t}$	$\frac{P(r + 0.6t)}{tE_1}$
<b>Spherical shell</b>	$\frac{Pr}{2SE_1 - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{r + 0.2t}$	$\frac{P(r + 0.2t)}{2tE}$
<b>2:1 Semi - Elliptical head</b>	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2tE}$
<b>Torispherical head with 6% knuckle</b>	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{tE}$
<b>Conical Section (<math>\alpha = 30^\circ</math>)</b>	$\frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2tE \cos \alpha}$

## 24-Tipos de casquetes conformados



Flanged



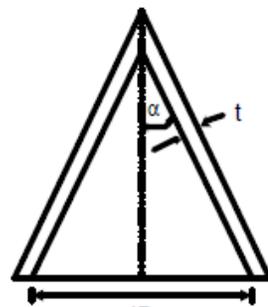
Hemispherical



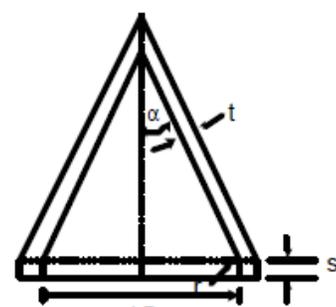
Elliptical



Flanged and Dished  
(torispherical)

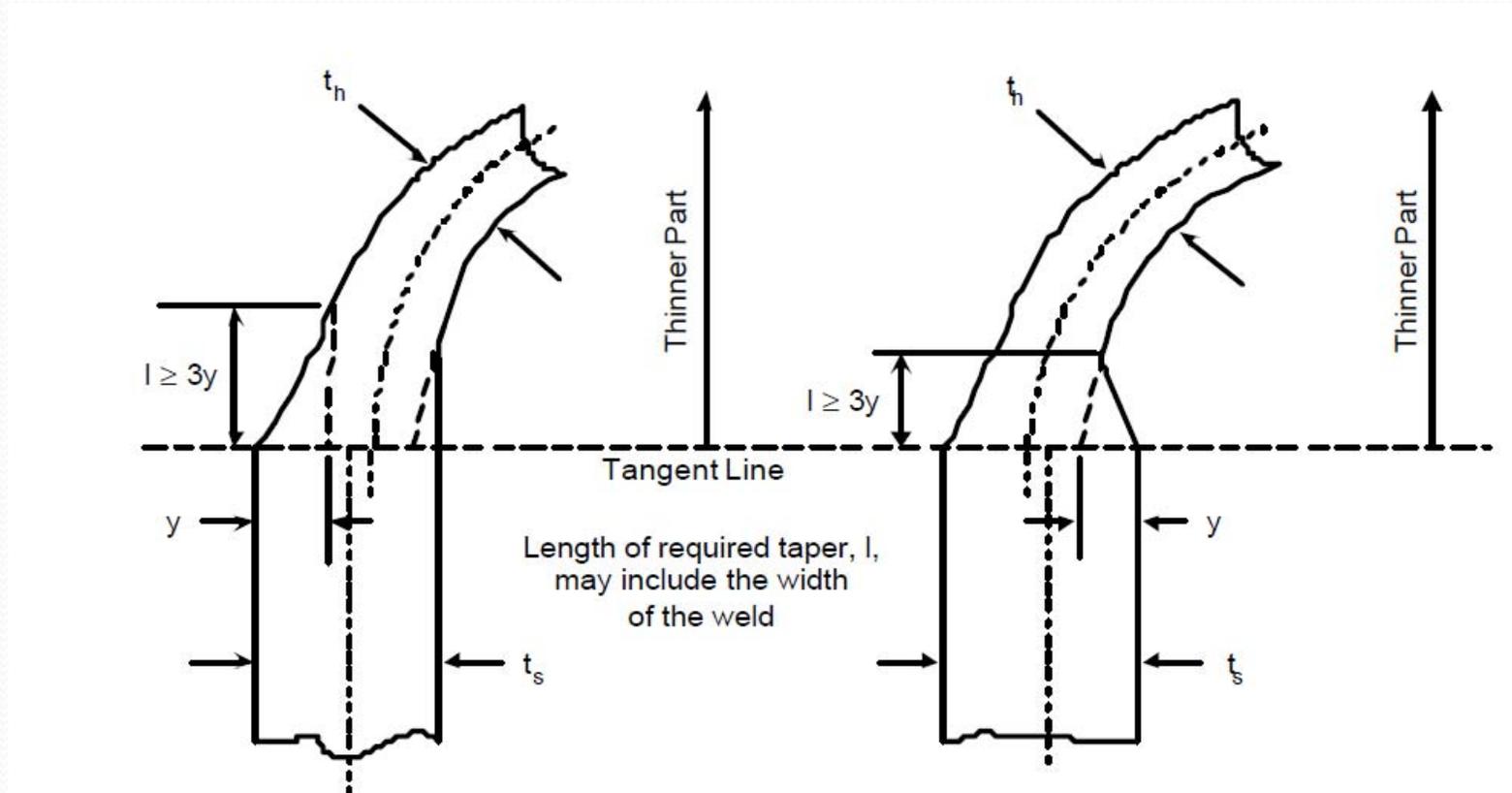


Conical



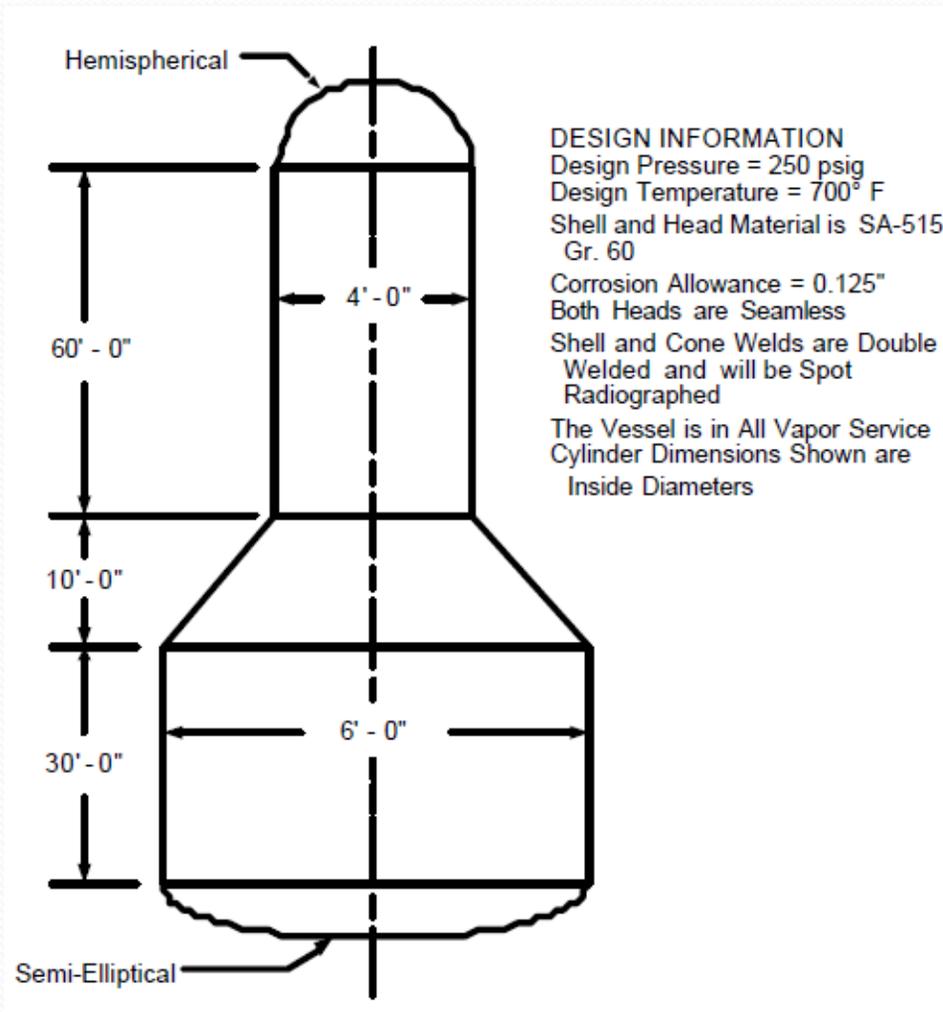
Toriconical

## 24-Transición envolvente- casquete cilíndrico



## 25-Problema ejemplo 1-

### Espesor requerido por presión interna



## 25-Problema ejemplo 1 (cont.)

- **Información de diseño**
- Presión de diseño= 250 psig
- Temperatura de diseño= 700 °F.
- Material de envolvente y cabezales
- Ambos cabezales son conformados.
- Envolvente y cono son soldados con doble soldadura y serán radiografiados spot.
- El recipiente es para la categoría de servicio de vapor completo.
- Los diámetros indicados son interiores.
  
- **Problema ejemplo 1: Solución**
- Espesor requerido para la envolvente cilíndrica por presión interna
- Soldaduras radiografiado spot eficiencia de junta .....E= 0.85
- Tension admisible .....S=14,400 Psi para SA -516 / Gr60 a 700° F

## 25-Problema ejemplo 1 (cont.)

Ambos casquetes son conformados E=1

--Casquete superior- Hemisférico

$$r = 24 + 0.125 = 24.125 \text{ ”}$$

$$t_p = \frac{P r}{2SE1 - 0.2 P} = \frac{250 \times 24.125}{2 \times 14,400 \times 1 - 0.2 \times 250} = 0.21 \text{ ”}$$

$$t = t_p + c = 0.21 + 0.125 = 0.335 \text{ ” (incluyendo corrosión admisible)}$$

--Casquete inferior- Semi-elíptico

$$D = 72 + 2 \times 0.125 = 72.25 \text{ “}$$

$$t_p = \frac{PD}{2SE - 0.2 P} = \frac{250 \times 72.25}{2 \times 14,400 \times 1 - 0.2 \times 250} = 0.628 \text{ ”}$$

$$t = t_p + c = 0.628 + 0.125 = 0.753 \text{ ” (incluyendo corrosión admisible)}$$

Nota:

A continuación se podrá definir el espesor del cono, dependiendo de su ángulo aplicando la fórmula correspondiente.

## 26-Problema ejemplo 2- Espesor requerido por presión interna

- (Este ejercicio, es para ser desarrollado por los participantes, para practicar la aplicación de fórmulas, cambiando dimensiones )
- Datos de diseño
- Diámetro interno --10' 6" (126")
- Presión de diseño -- 650 Psi
- Temperatura de diseño - 750 °F
- Material de envolvente y cabezales—SA-516 Gr 70
- Sobrespesor por corrosión -0.125"
- Casquetes semielipticos rel 2:1 , conformados
- Radiografiado 100%
- Servicio del recipiente vapor
- Espesor envolvente cilíndrica  $P= 650$  psi
- $S=16,600$  Psi para Sa 516 Gr 70
- $r = 0.5 \times D + Ca$
- $r = (0.5 \times 126) + 0.125 = 63.125"$

## 26-Problema ejemplo 2-

### Espesor requerido por presión interna

- $tp = \frac{Pr}{SE1-0.6P} = \frac{650 \times 63.125}{(16600 \times 1) - (0.6 \times 650)} = 2.53''$
- Adicionando sobreespesor por corrosión  $tp = 2.53 + 0.125 = 2.655''$
- Espesor cabezales
- $S=16,600$  Psi para Sa 516 Gr 70
- $r = 0.5 \times D + Ca$
- $r = (0.5 \times 126) + 0.125 = 63.125''$
- $tp = \frac{P D}{2SE-0.2P} = \frac{650(63.125 \times 2)}{(2 \times 16000 \times 1) - (0.2 \times 650)} = 2.57''$
- Adicionando sobreespesor por corrosión  $tp = 2.57 + 0.125 = 2.70''$
- Nota: observar que para este tipo de cabezales, el espesor resulta similar a la envolvente cilíndrica. Prácticamente igual, es uno de los motivos por los cuales son tan usados en servicios de presiones moderadas.

# Pressure Vessels

## Vision General codigo Asme Secc VIII , div 1



# Índice

- 27 -Diseño para presión externa y tensiones de compresión.
- 28 -Problema ejemplo 3-Espesor requerido por presión externa- Cilindro.
- 29 -Refuerzos de aberturas.
- 30 -Configuraciones de conexiones típicas
- 31 -Refuerzos adicionales.
- 32 -Problema ejemplo 4- Evaluación aéreas de refuerzo.
- 33 -Rating de bridas.
- 34 - Problema 5 -Determinar rating de bridas
- 35 -Diseño y calculo de bridas según ASME VIII D1-APP2

Anexo 1: Esquema básico de una memoria de calculo de recipientes

Anexo 2 : Cargas externas sobre bridas

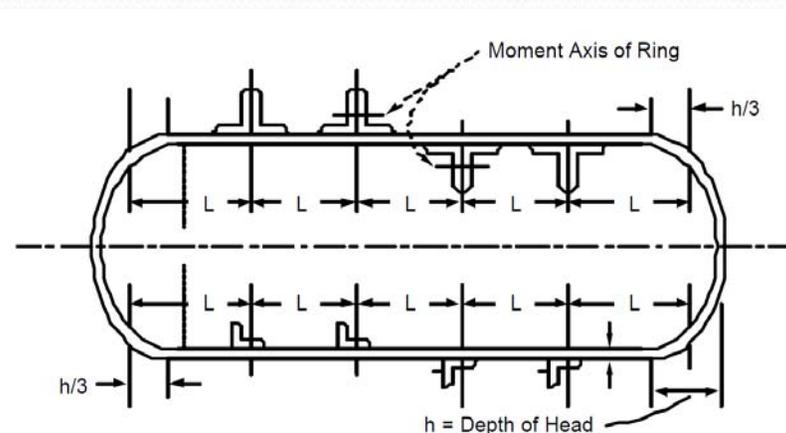
## Objetivo unidad 3

- Esta unidad está orientada fundamentalmente a tres temas , diseño por presión externa, refuerzos en derivaciones , y bridas.

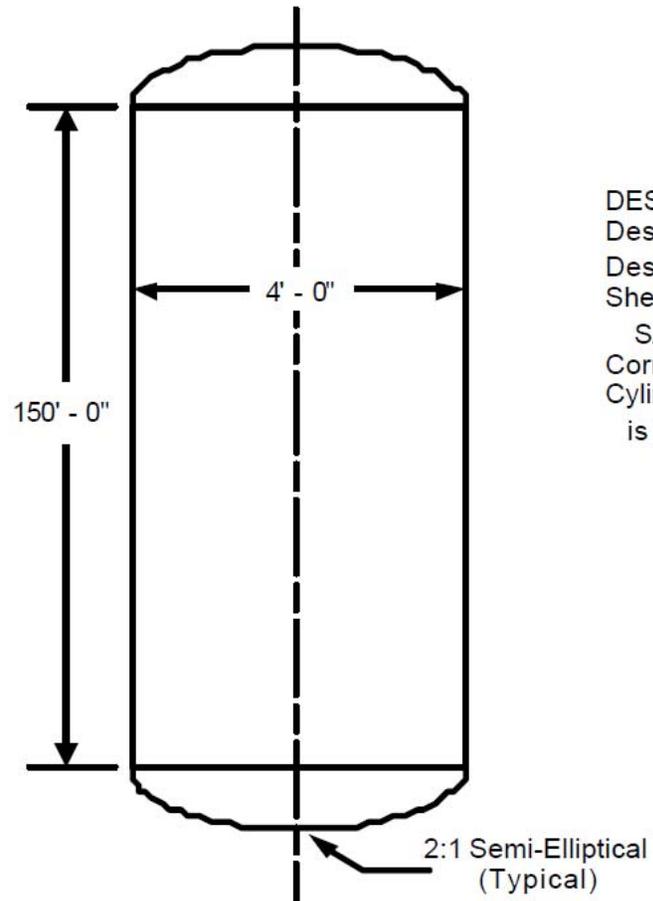
## 27-Diseño para presión externa y tensiones de compresión

- Diseño para presión externa y tensiones de compresión
- Fuerzas de compresión causadas por peso, viento, sismo, vacío interno.
- Pueden causar inestabilidad elástica (buckling).
- El recipiente debe tener espesor adecuado.
- -Con espesor adicional
- -Con anillos rigidizadores circunferenciales
- Los procedimientos de ASME para cuerpos cilíndricos, cabezales, secciones cónicas, son función de :
  - -Material
  - -Diámetro
  - -Longitud no rigidizada
  - -Temperatura
  - -Espesor

### Anillos rigidizadores



## 28-Problema ejemplo 3- Espesor requerido por presión externa- Cilindro



DESIGN INFORMATION  
Design Pressure = Full Vacuum  
Design Temperature = 500° F  
Shell and Head Material is  
SA-285 Gr. B, Yield Stress = 27 ksi  
Corrosion Allowance = 0.0625"  
Cylinder Dimension Shown  
is Inside Diameter

## 28-Problema ejemplo 3 (cont.)

- Información de diseño:
- Presión de diseño= Full Vacuum
- Temperatura de diseño = 500 °F
- Material del envolvente y cabezales: SA-285 GB B
- Tensión de fluencia = 27 ksi
- Espesor de pared  $t= 7/16''$
- Sobrespesor por corrosión=  $0.0625''$
- El diámetro mostrado es interno
  
- Problema ejemplo 2-solucion
  
- Calculo L y Do del cuerpo cilíndrico
  
- $L= \text{Longitud e/tangentes} + 2 \times 1/3 (\text{H del casquete})$
- $L= 150 \times 12 + 2/3 \times (48/4)= 1.808''$
- $Do=48+2 \times 7/16= 48.875''$

## 28-Problema ejemplo 3 (cont.)

- Determinar  $L/D_o$  y  $D_o/t$
- Teniendo en cuenta el sobrespesor por corrosión.
- $t = 7/16 - 1/16 = 6/16 = 0.375''$
- $D_o/t = 48.875 / 0.375 = 130$
- $L/D_o = 1808 / 48.875 = 37$
- Determinar A (Usar la figura), ingresando con  $D_o/t$  y  $L/D_o$   
(Nota si  $D_o/t > 50$ , use  $L/D_o = 50$ . Para  $L/D_o < 0.05$  usar  $L/D_o = 0.05$ =  
Valor de  $A = 0,000065$  (Se debe usar la siguiente formula fuera de las curvas de materiales )

Calculo de la máxima presión externa admisible

Donde:  $E$  = Modulo elástico de Young

$$E = 27 \times 10^6 \text{ a } T = 500^\circ\text{F}$$

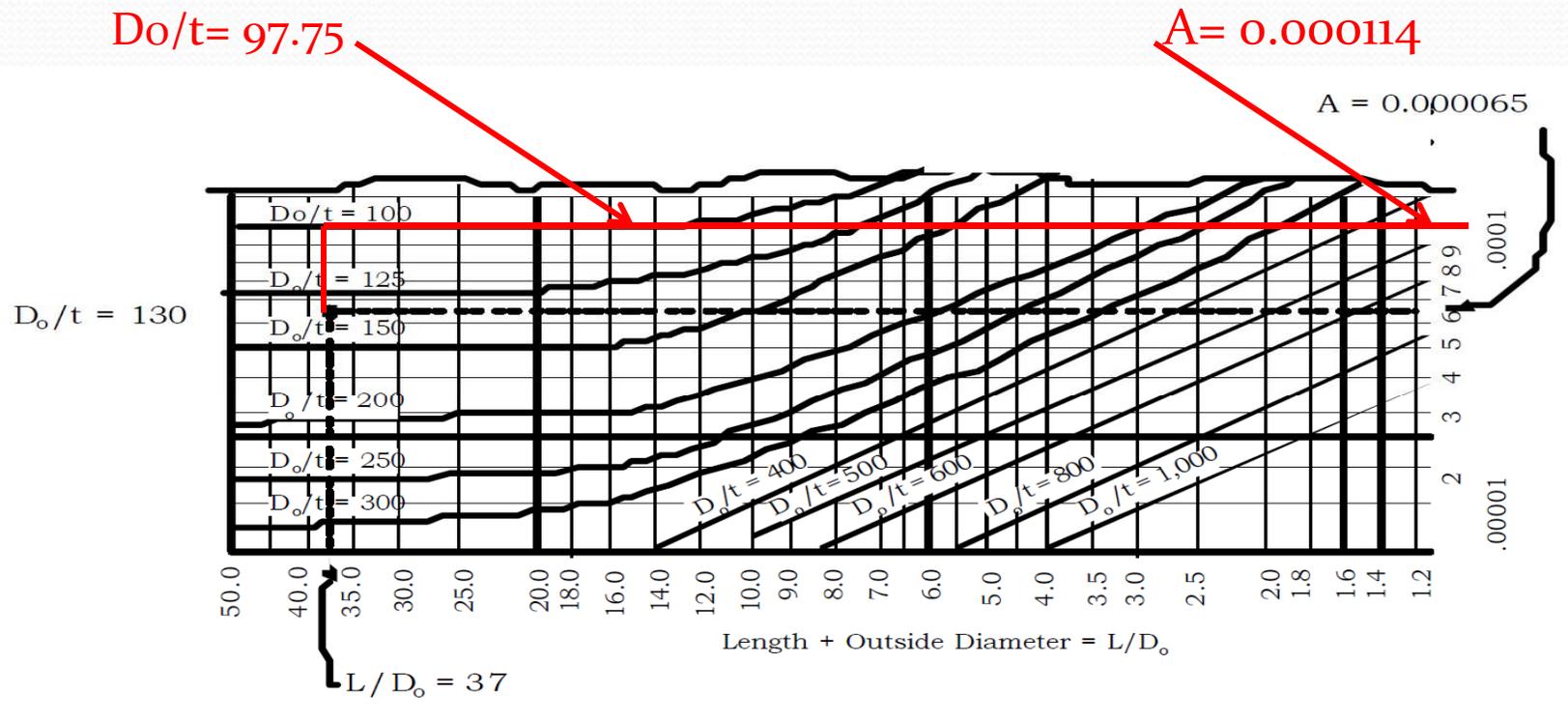
$$P_a = 9 \text{ psi}$$

$$P_a = \frac{2 A E}{3 \left( \frac{D_o}{t} \right)} = \frac{2 \times 0.000065 \times 27 \times 10^6}{3 \times 130} = 9$$

Siendo  $P_a < 15 \text{ psi}$ ,  $7/16''$  no es suficiente.

## 28-Problema ejemplo 3 (cont.)

- Factor A -- Curva 1
- FIGURAS - G - ASME - SEC III- PARTE D- SUBPARTE 3



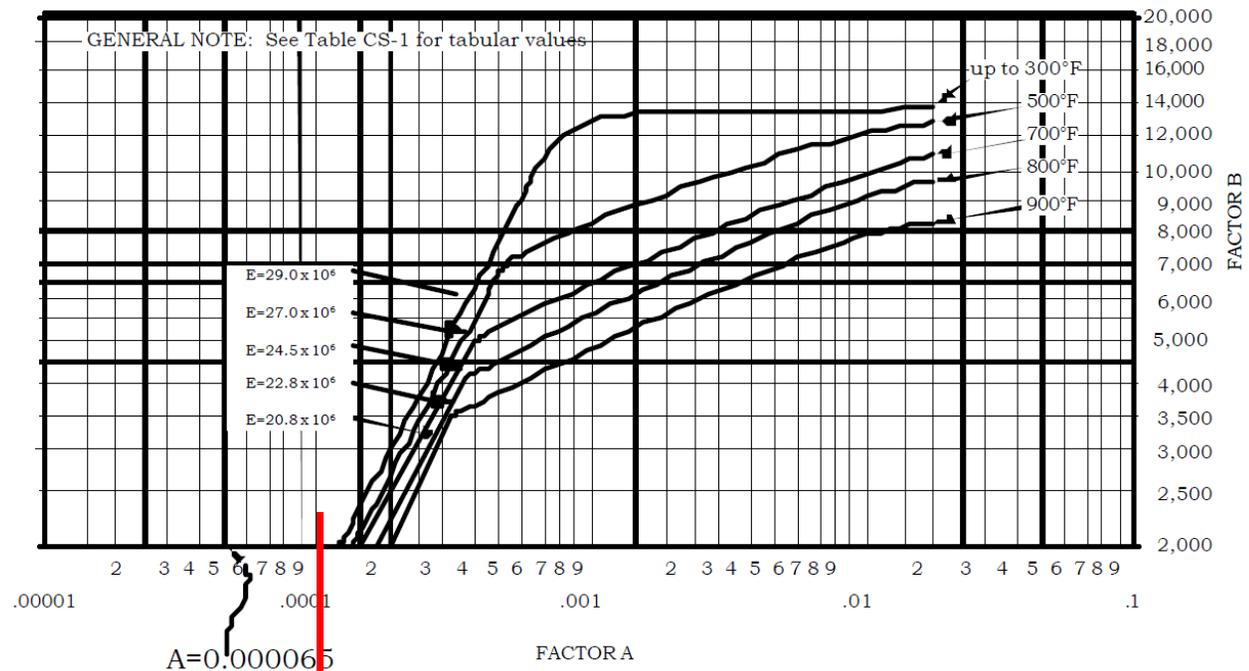
## 28-Problema ejemplo 3 (cont.)

- Se asume un nuevo espesor 9/16" -- Espesor corroído = 9/16" --  $A = 0.000114$
- $Do/t = 48.875 / 0.5 = 97.75$
- $L/Do = 37$  (igual que antes).

$$Pa = \frac{2 A E}{3 \left(\frac{Do}{t}\right)} = \frac{2 \times 0.000114 \times 27 \times 10^6}{3 \times 130} = 15.7$$

### Ahora es admisible

Factor alternativo B ( Si A esta a la derecha de las curvas y se usa otra formula por UG 28,c,7) Curva 2



- $A=0.000114$

## 28-Problema ejemplo 3 (cont.)

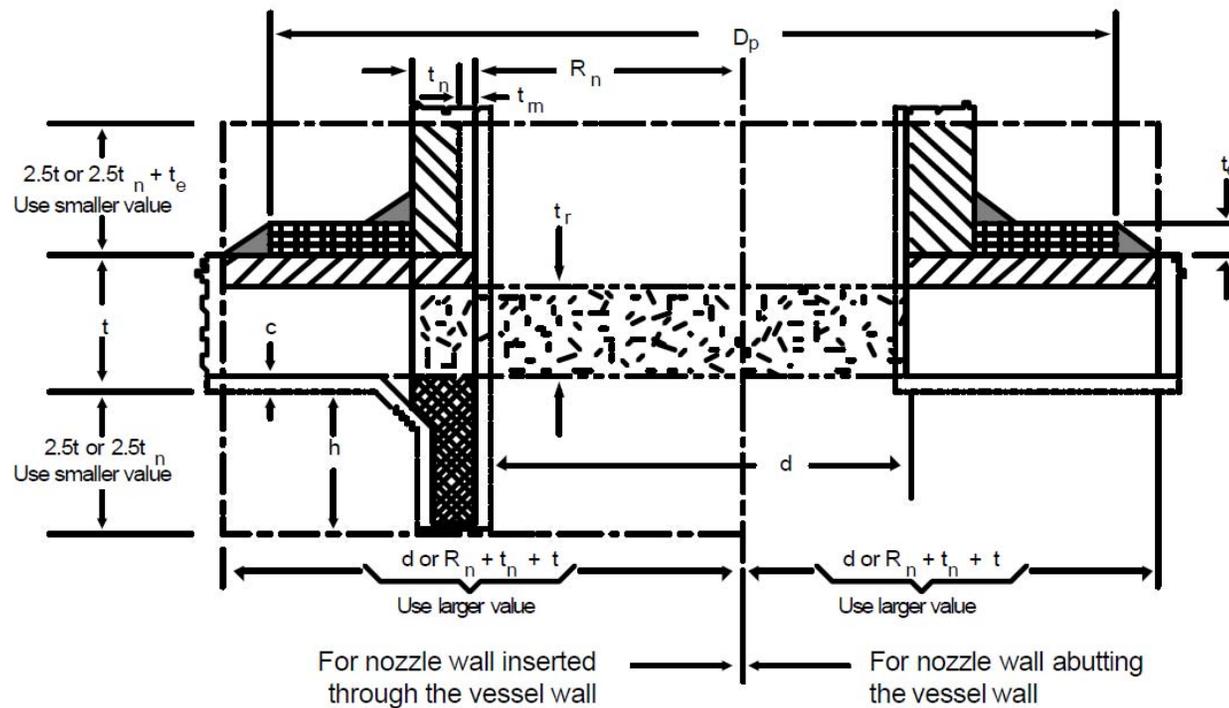
### Notas- Aclaraciones

**El espesor para presión externa, está basado en relaciones geométricas y en definir una admisible según el material y temperatura.**

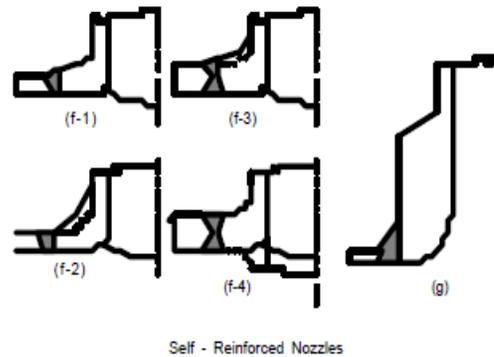
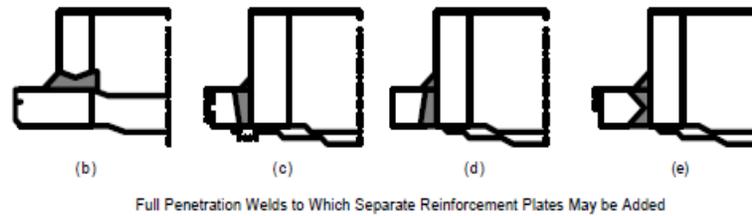
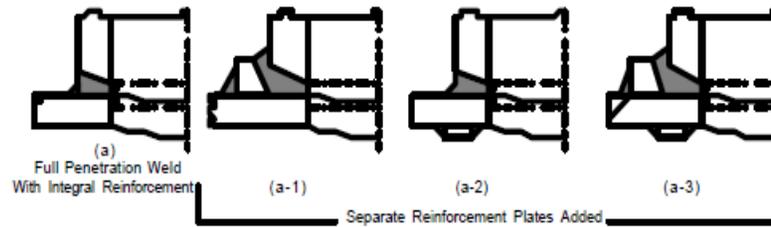
- 1- Se planteó un caso en el que se debe usar la fórmula alternativa, debido a valores de  $A$  que no están sobre las curvas (lado izquierdo).
- 2- En caso normal, se debe obtener  $B$  ingresando con  $A$  en la curva 2, y luego calcular  $P_a$ .
- 3- Se debe usar el valor de  $E$  a la temperatura de diseño.
- 4- La decisión de incrementar el espesor dependerá de la evaluación técnico-económica contra el uso de rigidizadores.
- 5- En el ejemplo se usó el aumento del espesor.
- 6- El uso de aumento de espesor no siempre es la solución, como en este caso dado que si es necesario un aumento muy importante, obviamente resultará antieconómico.

## 29-Refuerzos de aberturas- Ref:UG-36 a UG-46

- Método simplificado ASME, Reemplazo de áreas
- El metal usado para reemplazar el removido.
- Debe ser equivalente en area de metal de refuerzo
- El refuerzo debe ser adyacente a la abertura.



# 31- Conexiones , configuraciones típicas



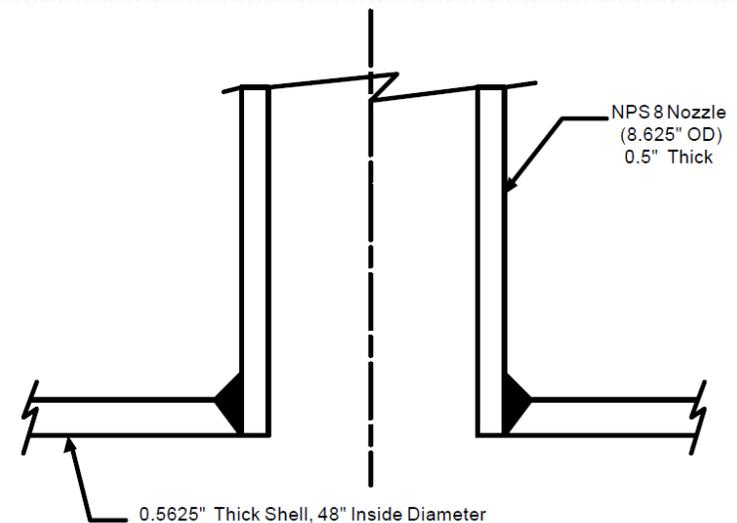
## 31-Refuerzos adicionales

- Refuerzos adicionales
- Necesario si hay insuficiente excedente de espesor
- La tensión admisible de el pad de refuerzo , debe ser mayor o igual al de la envolvente o cabezales.
- El área de refuerzo proviene de :
  - Pad
  - Espesor adicional en la envolvente o parte inferior del nozzle
  - (Ver apéndice para mayores detalles )

## 32-Problema ejemplo 4-Evaluación áreas de refuerzo

### Información de diseño:

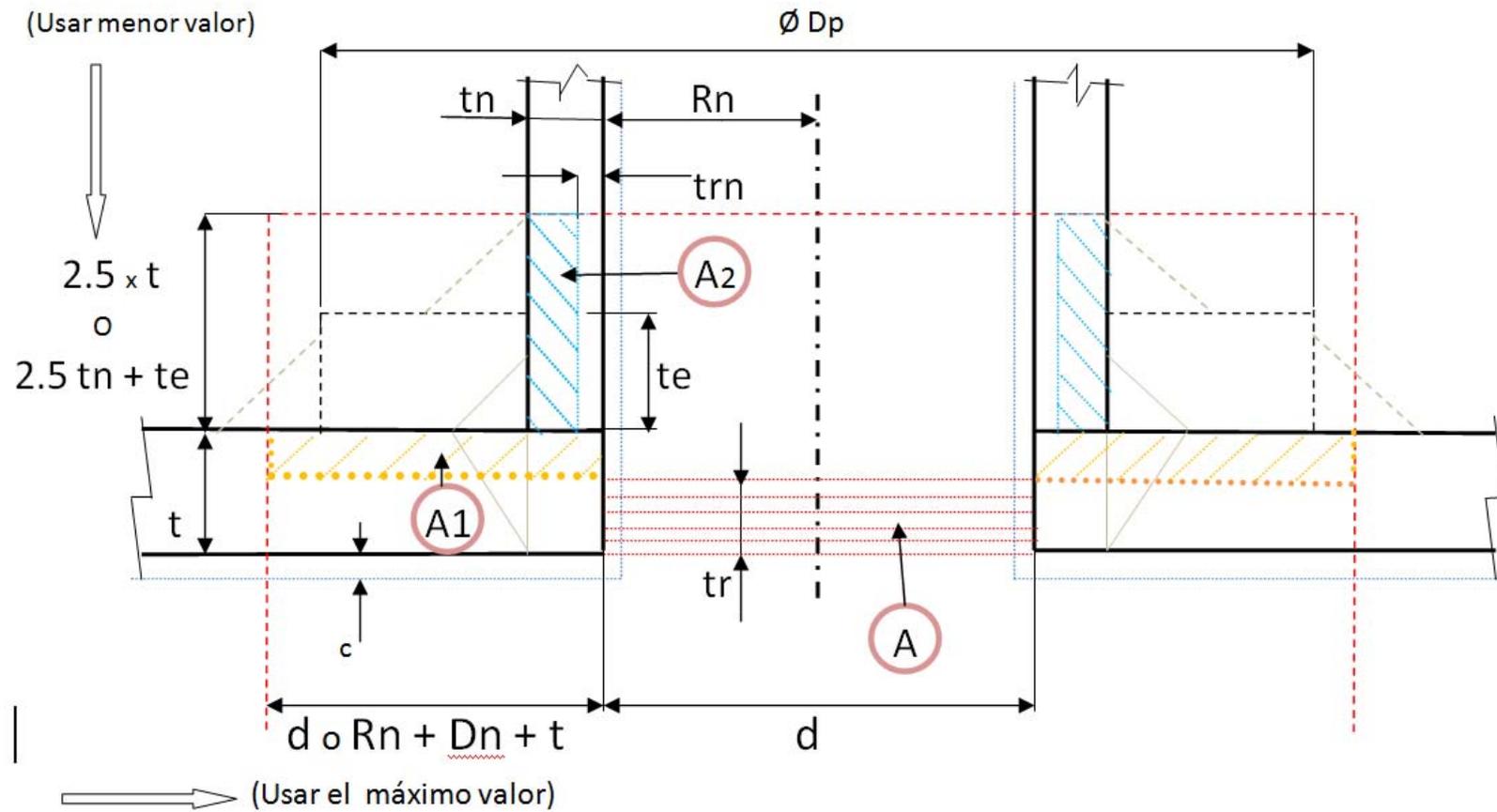
- Presión de diseño = 300 Psig
- Temperatura de diseño = 200 °F
- Material de envoltorio SA -516 Gr 60
- Material del Nozzle SA-53 Gr B, sin costura
- Sobrespesor por corrosión = 0.0625"
- Recipiente radiografiado 100%
- El nozzle no pasa a través de una soldadura del recipiente



## 32-Problema ejemplo 3 (cont.)

- Calcular el área requerida de refuerzo A
- $A = dt F$
- Donde:
- $d$  = Diámetro final de la abertura circular o dimensión final de una abertura no radial en el plano considerado
- $tr$  = Espesor mínimo de la envolvente, usando  $E=1$ , factor de corrección,  $F$  normalmente 1.0.
- Calculo de diámetro  $d$
- $d$  = Diámetro de abertura -  $2$  ( espesor + sobreespesor por corrosión)
- $d = 8.625 - 1.0 + 0.125 = 7.750$  “
- Calculo del espesor requerido en envolvente  $tr$
- $tr = 0.487$  ”
- Se asume  $F=1$
- Calculo A
- $A = d tr F$
- $A = ( 8.625 - 1 + 0.125) \times 0.487 \times 1 = 3.775$

## 32-Problema ejemplo 4 (cont.)



## 32-Problema ejemplo 4 (cont.)

- **Calculo del área disponible de refuerzo en el recipiente.  $A_1$**

El mayor de  $A_{11}$  o  $A_{12}$ .

$$A_{11} = (E_1 t - F t_r) d$$

$$A_{12} = 2 (E_1 t - F t_r) (t + t_n)$$

Donde:

$E_1 = 1$ . Cuando la abertura en la placa base esta alejada de soldaduras, o pasos a través de una soldadura circunferencial en la envolvente (excluyendo juntas de envolvente o cabezales).

$E_1 = E_s$  Es la eficiencia de junta cuando una parte de la abertura pase a través de otra unión soldada.

$F = 1$  para todos los casos, excepto nozzle integralmente reforzados insertados en la envolvente o cono, en ángulo con el eje longitudinal del recipiente. Ver figura UG-37 para este caso especial.

$t_n$  = Espesor nominal del nozzle en condición corroído.

$$A_{11} = (t - t_r)d = (0.5625 - 0.0625 - 0.487) \times 7.75 = 0.1 \text{ inch}^2$$

$$A_{12} = 2 (E_1 t - F t_r)(t + t_n) = 2(0.5625 - 0.0625 - 0.487) \times (0.5625 - 0.0625 + 0.5 - 0.0625) = .0243 \text{ inch}^2$$

Se debe tomar el mayor para área de refuerzo en envolvente,  $A_1 = 0.1 \text{ inch}^2$

## 32-Problema ejemplo 4 (cont.)

- Por lo tanto
- $A_1 = 0.1 \text{ in.}^2$  Area de refuerzo admisible en envoltente.
- **• Calculo de área de refuerzo en la pared del nozzle  $A_2$ ,**
- El menor de  $A_{21}$  or  $A_{22}$ .
- $A_{21} = (t_n - t_{rn}) 5t$
- $A_{22} = 2 (t_n - t_{rn}) (2.5 t_n + t_e)$
- Donde:
- $t_{rn}$  = Espesor requerido en la pared del Nozzle, in.
- $r$  = Radio del nozzle, in.
- $t_e = 0$  si no hay pad de refuerzo.
- $t_e$  = Espesor del pad de refuerzo si lo hay, in.
- $t_e$  = Definido por figura UG-40 , para nozzle auto reforzados, in.
- Calculo del espesor requerido para el nozzle

- $$t_m = \frac{Pr}{SE_1 - 0.6 P} = \frac{300 (3.8125 + 0.0625)}{(15,000 \times 1) - (0.6 \times 300)} = 0.0784'' \text{ inch}^2$$

## 32-Problema ejemplo 4 (cont)

- **Calculo A<sub>2</sub>.**

$$A_{21} = (t_n - t_{rn})5t = (0.5 - 0.0625 - 0.0784) \times 5 (0.5625 - 0.0625) = 0.898$$

$$A_{22} = 2 (t_n - t_{rn}) (2.5 t_n + t_e) = 2 [(0.5 - 0.0625 - 0.0784) (2.5 \times 0.5 - 0.0625) + 0] = 0.786 \text{ inch}^2$$

Por lo tanto,

A<sub>2</sub> = 0.786 in.² refuerzo disponible en el nozzle.

- Determinar el area total de refuerzo, AT;

Comparar con el area requerida.

$$AT = A_1 + A_2 = 0.1 + 0.786 = 0.886 \text{ inch}^2$$

AT < A, El nozzle no esta adecuadamente reforzado se requiere un pad de refuerzo.

- Determinar el diametro del pad, D<sub>p</sub>.

$$A_5 = A - AT$$

$$A_5 = (3.775 - 0.886) = 2.889 \text{ inch}^2$$

## 32-Problema ejemplo 4 (cont.)

- **Calculo de Dp**

$t_e = 0.5625$  in. (espesor del refuerzo del pad)

$$A_5 = [D_p - (d + 2 t_n)] t_e$$

$$2.889 = [D_p - (7.75 + 2(0.5 - 0.0625))] 0.5625$$

$$D_p = 13.761 \text{ in.}$$

- Confirma Dp (diametro del refuerzo) dentro de la zona correspondiente en la envolvente, (2d)

$$2d = 2 \times 7.75 = 15.5 \text{ in.}$$

Por lo tanto,  $D_p = 13.761$  in. Aceptable

## 33-Rating de bridas.

- Rating de bridas
- Basado en ASME B 16.5
- Identificar combinaciones de presión / temperatura aceptables.
- Siete clases (150, 300, 400, 600, 900, 1,500, 2,500)
- La Resistencia de la brida se incrementa con el numero de clase.
- Las combinaciones material / temperatura de diseño, sin la presión indicada no son aceptables.

Material Groups		Product Forms					
Material Group Number	Nominal Designation Steel	Forgings		Castings		Plates	
		Spec. No.	Grade	Spec. No.	Grade	Spec. No.	Grade
1.1	Carbon	A105	--	A216	WCB	A515	7.0
		A350	LF2	--	--	A516	7.0
	C-Mn-Si	--	--	--	--	A537	Cl.1
1.2	Carbon	--	--	A216	WCC	--	--
		--	--	A352	LCC	--	--
	2 ½ Ni	--	--	A352	LC2	A203	B
	3 ½ Ni	A350	LF3	A352	LC3	A203	E

ASME B16.5, Table 1a, Material Specification List (Excerpt)

### 33-Ratings de bridas (cont.)

Material Group No.	1.1			1.2			1.3		
	Classes	150	300	400	150	300	400	150	300
Temp., °F									
-20 to 100	285	740	990	290	750	1000	265	695	925
200	260	675	900	260	750	1000	250	655	875
300	230	655	875	230	730	970	230	640	850
400	200	635	845	200	705	940	200	620	825
500	170	600	800	170	665	885	170	585	775
600	140	550	730	140	605	805	140	534	710
650	125	535	715	125	590	785	125	525	695
700	110	535	710	110	570	755	110	520	690
750	95	505	670	95	505	670	95	475	630
800	80	410	550	80	410	550	80	390	520
850	65	270	355	65	270	355	65	270	355
900	50	170	230	50	170	230	50	170	230
950	35	105	140	35	105	140	35	105	140
1000	20	50	70	20	50	70	20	50	70

## 34-Problema ejemplo 5- Determinar (serie) rating de brida

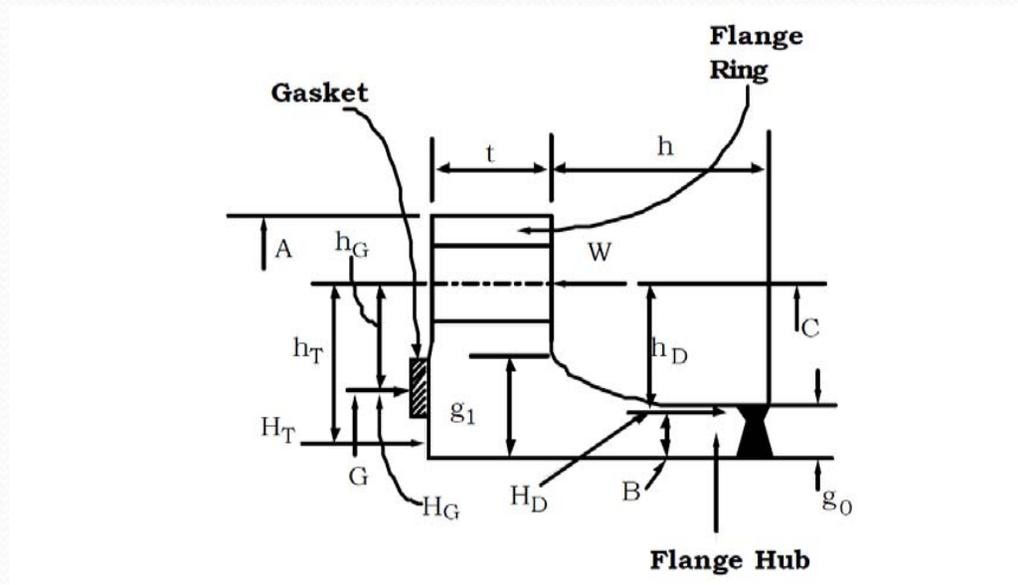
### Datos:

Datos del recipiente:

- Cabezales y envolvente : SA -516 Gr 70
- Bridas: SA-105
- Temperatura de diseño : 700 °F
- Presion de diseño: 275 Psig
- Identificar la especificacion de material SA-105
- De figura. Se determina el grupo de materiales 1.1
- En la tabla, según el grupo y temperatura de diseño, se determina la mayor presión admisible para la serie de la brida.
- La tabla 2 de ASME B 16.5, da información de diseño para todas las series de bridas.  
Se seleccionara la serie con mayor o igual a la requerida presión de diseño.
- A 700°F, material grupo 1.1 , la clase mas baja que se puede seleccionar, con Presion de diseño 275 Psig , es la clase 300.#.
- A 700 °F, Rating 300#, para una brida de grupo de materiales 1.1, la máxima presión de diseño es = 535 Psig.

## 35-Diseño de bridas –Ref App 2

- Diseño de bridas:
- Requerimientos para Bulones/Esparragos.
- -Durante la operación normal (basado en condiciones de diseño).
- -Durante el torqueo inicial, basado en la tensión inicial y el ajuste necesario de la junta para el sello efectivo.
- Cargas sobre la brida y brazos para momentos



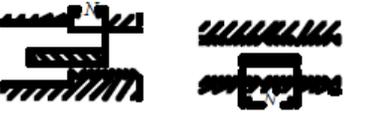
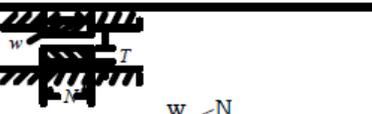
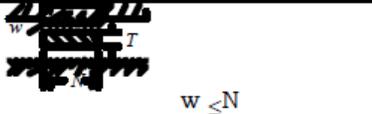
## 35-Diseño de bridas (cont)

- Tensiones en el anillo de la brida y cubo
- Calculo usando:
- Factores para tensiones (De código ASME)
- Momentos aplicados
- Geometría de la brida
  
- Calculado para:
- Caso de operación
- Caso de asentamiento de junta
  
- Factores que afectan diseño y performance en servicio
- Factores  $m$  ,  $y$
- Anchos especificados de juntas
- Caras de bridas y anchos  $w$
- Tamaño de bulones, cantidad y espaciado

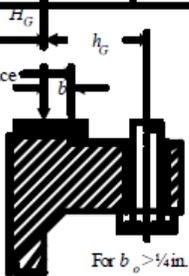
## 35-Diseño de bridas (cont.)

Gasket Type and Material	Gasket Factor, m	Min. Design Seating Stress $y$ , psi	Facing Sketch and Column in ASME Table 2-5.2 (Figure 4.21)
Flat metal, jacketed asbestos filled: Soft aluminum Soft copper or brass Iron or soft steel Monel 4-6% chrome Stainless steels and nickel-base alloys	3.25 3.50 3.75 3.50 3.75 3.75	5,500 6,500 7,600 8,000 9,000 9,000	(1a), (1b), (1c), (1d); (2); Column II
Solid flat metal: Soft aluminum Soft copper or brass Iron or soft steel Monel or 4-6% chrome Stainless steels and nickel-base alloys	4.00 4.75 5.50 6.00 6.50	8,800 13,000 18,000 21,800 26,000	(1a), (1b), (1c), (1d); (2), (3), (4), (5); Column I

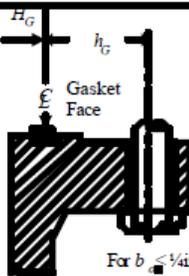
## 35-Diseño de bridas (cont.)- Anchos

Facing Sketch (Exaggerated)	Basic Gasket Seating Width $b_o$	
	Column I	Column II
(1a) 	$\frac{N}{2}$	$\frac{N}{2}$
(1b) 	$\frac{N}{2}$	$\frac{N}{2}$
(1c)  $w \leq N$	$\frac{w+T}{2}; \left( \frac{w+N}{4} \text{ max} \right)$	$\frac{w+T}{2}; \left( \frac{w+N}{4} \text{ max} \right)$
(1d)  $w \leq N$		



For  $b_o > \frac{1}{4} \text{ in.}$



For  $b_o < \frac{1}{4} \text{ in.}$

ASME Code Gasket Widths (Table 2-5.2 excerpt)

## 35-Diseño de bridas- (cont.) Materiales de juntas y caras de contacto

<b>Gasket Materials and Contact Facings</b>				
<b>Gasket Factors <math>m</math> for Operating Conditions and Minimum Design Seating Stress <math>y</math></b>				
<b>Gasket Material</b>	<b>Gasket Factor <math>m</math></b>	<b>Min. Design Seating Stress <math>y</math>, psi</b>	<b>Sketches</b>	<b>Facing Sketch and Column in Table 2-5.2</b>
Flat metal, jacketed asbestos filled:	3.25	5500		(1a), (1b), (1c) <sup>2</sup> , (1d) <sup>2</sup> , (2) <sup>2</sup> , Column II
Soft aluminum	3.50	6500		
Soft copper or brass	3.75	7600		
Iron or soft steel	3.50	8000		
Monel	3.75	9000		
4% - 6% chrome	3.75	9000		
Stainless steels and nickel-base alloys				

# Pressure Vessels

## Vision General codigo Asme Secc VIII , div 1



## Objetivos alcance Unidad 4

- Esta unidad está orientada fundamentalmente a tres temas , relacionados a la inspección de recipientes .Inspección en general, Soldaduras , ensayos y pruebas.
- El complemento necesario para el diseño y construcción de recipientes , es el plan de inspección, y el cumplimiento de los procedimientos.
- Los temas desarrollados son los que respaldan el diseño realizado, desde la inspección.
- Las principales actividades de la inspección:
  - a-Compenetrarse con el diseño
  - b-Analizar, identificar marcar los materiales que se utilizaran
  - c- Revisar los certificados de materiales
  - d-Revisar los procedimientos su calificación y la de los soldadores
  - e-Seguir el proceso de fabricación.
  - f- Inspección visual, supervisión de soldaduras y procedimientos usados.
  - g- Supervisar la información de NDE y “weld maps”
  - h- Seguir el desarrollo de las pruebas.
  - j- Terminación final limpieza, recubrimiento, aislación. Inspección final
  - k- Firma y supervisión del dossier final del recipiente

# Índice

- 36.-Máxima presión admisible de trabajo MAWP-Cargas.
- 37.-Tratamiento térmico post soldadura.
- 38.-Pruebas e inspección-Defectos de soldadura .
- 39. -Tipos de ensayos no destructivos (NDT o NDE).
- 40.-Esquemas de NDT.
- 41.-Prueba de presión.
- 42.-Bibliografía

## Anexos:

- 1-Detalles de soldaduras.
- 2-Planilla de inspeccion.
- 3-Placas características.
- 4-Plan de inspeccion y ensayos.

## 36- Máxima presión admisible MAWP

- Máxima presión manométrica *permitida en la parte superior del recipiente en su posición de operación para una temperatura designada correspondiente.*
- *Debe ser :  $MAWP \geq$  Presión de diseño*
- Temperatura designada , a definir , según estados de operación.
- La MAWP , se define para el componente mas débil del recipiente.
- Originalmente , (recipiente nuevo ) se basa en el espesor del recipiente , menos la corrosión admisible original.
- Posteriormente, a la operación, (re-rating) se basa en el espesor actual menos la futura corrosión admisible necesaria para el resto de la vida útil planeada.
- Cargas locales
- Sistemas de cañerías
- Plataformas, internos , equipos adjuntos
- Soportes adjuntos
- Análisis de corrosión en internos de recipientes
- Tipos de internos de recipientes
- Bandejas , distribuidor de entrada , Baffle anti vortice , Grilla para catalizadores, vigas soportes , grilla distribuidora de flujo, sistemas de ciclón y cámara plenum. Etc

## 36- Maxima presion admisible MAWP (cont)

- Otra Definicion:
- Es la presion interna maxima que admite el elemento mas debil del recipiente correspondiente al esfuerzo maximo admisible, cuando el recipiente se encuentra :
  - a) En estado de desgaste por corrosion-erosion.
  - b) A una temperatura determinada.
  - c) En su posicion normal de trabajo.
  - d) Bajo el efecto de otras cargas (Viento , Presion externa, Presion hidrostatica, etc) que se suman a la presion interna.

## 36- Maxima presion admisible MAWP (cont)

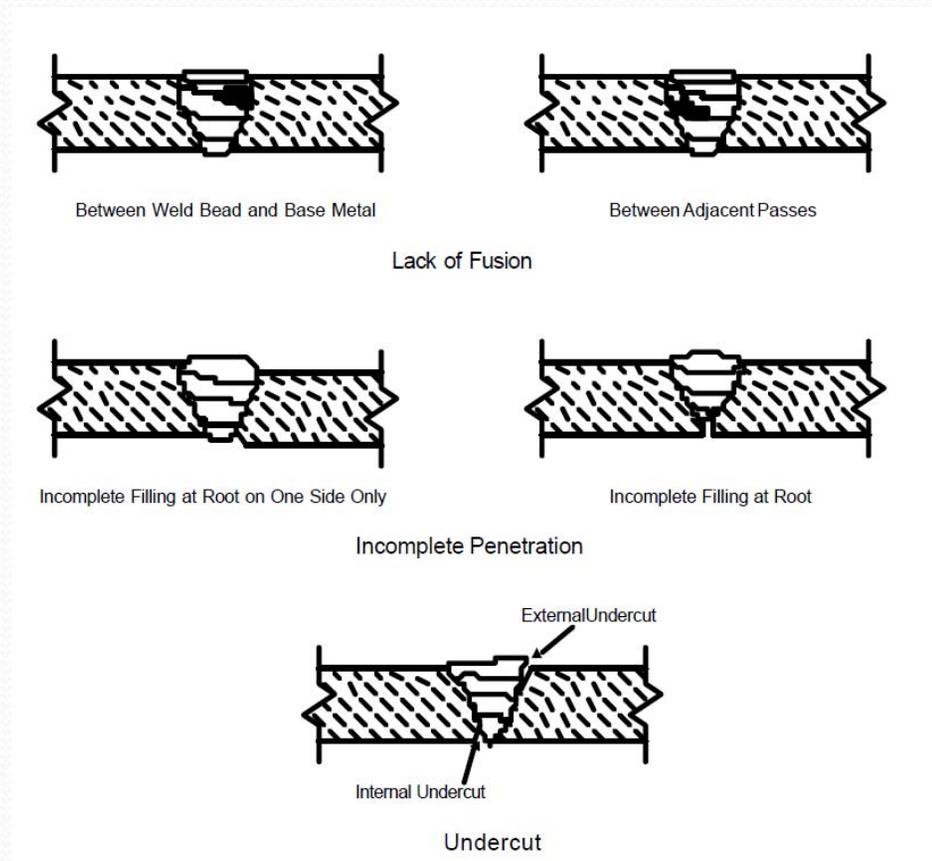
- **UG-98 MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE**
- *UG-98(a) The maximum allowable working pressure for a vessel is the maximum pressure permissible at the top of the vessel in its normal operating position at the designated coincident temperature specified for that pressure. It is the least of the values found for maximum allowable working pressure for any of the essential parts of the vessel by the principles given in*
- *(b) below, and adjusted for any difference in static head that may exist between the part considered and the top of the vessel. (See 3-2.)*
- *UG-98(b) The maximum allowable working pressure for a vessel part is the maximum internal or external pressure, including the static head thereon, as determined by the rules and formulas in this Division, together with the effect of any combination of loadings listed*
- *in UG-22 which are likely to occur, for the designated coincident temperature, excluding any metal thickness specified as corrosion allowance. See UG-25.*
- *UG-98(c) Maximum allowable working pressure may be determined for more than one designated operating temperature, using for each temperature the applicable allowable stress value.*

## 37-Tratamiento térmico post soldadura

- Tratamiento termico post soldadura
- Restaura propiedades del material
- Alivia tensiones residuales
- Requerimientos del codigo para PWHT
- Temperatura mínima y tiempo de tratamiento
- Adecuado alivio de tensiones
- Control del calentamiento y el enfriamiento
- Velocidades de calentamiento y enfriamiento

## 38- Pruebas e inspección-Defectos de soldadura

- **Pruebas e inspección**
- La inspección incluye examinar:
- Especificación y calidad de material base
- Soldadura
- Requerimientos dimensionales
- Documentación del equipo
  
- **Defectos comunes de soldadura**
  
- Falta de fusión
- Penetración incompleta
- Socavadura



## 38-Pruebas e inspeccion-Defectos de soldadura (cont)

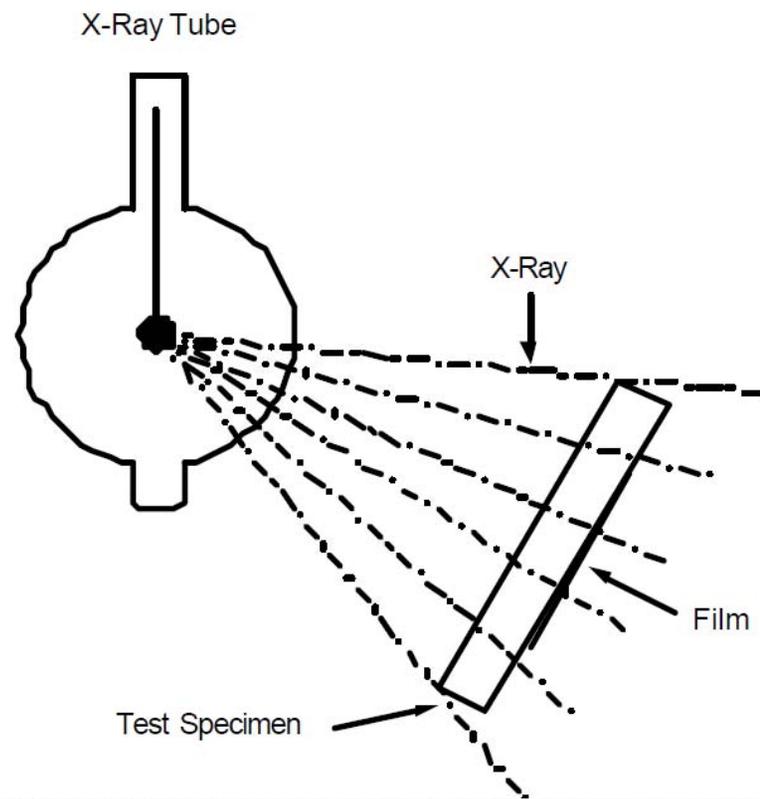
- **La presencia de defectos:**
- Reduce la Resistencia de la soldadura debajo de lo requerido.
- Reduce en general la resistencia del recipiente fabricado
- Incrementa el riesgo de falla.
- 
  
- **Nota:**
- **Para fluido "Letal", se requiere Radiografiado 100 %**
- **Se define, un fluido como "Letal" cuando en pequeñas dosis, mezclado con el aire (Pej.), causa la muerte o grandes lesiones.**
- **Normalmente debe estar especificado en la ingeniería básica para el recipiente.**

## 39-Tipos de ensayos no destructivos (NDT o NDE)

<b>NDE TYPE</b>	<b>DEFECTS DETECTED</b>	<b>ADVANTAGES</b>	<b>LIMITATIONS</b>
<b>Radiographic</b>	Gas pockets, slag inclusions, incomplete penetration, cracks	Produces permanent record. Detects small flaws. Most effective for butt-welded joints.	Expensive. Not practical for complex shapes.
<b>Visual</b>	Porosity holes, slag inclusions, weld undercuts, overlapping	Helps pinpoint areas for additional NDE.	Can only detect what is clearly visible.
<b>Liquid Penetrant</b>	Weld surface-type defects: cracks, seams, porosity, folds, pits, inclusions, shrinkage	Used for ferrous and nonferrous materials. Simple and less expensive than RT, MT, or UT.	Can only detect surface imperfections.
<b>Magnetic Particle</b>	Cracks, porosity, lack of fusion	Flaws up to ¼ in. beneath surface can be detected.	Cannot be used on nonferrous materials.
<b>Ultrasonic</b>	Subsurface flaws: laminations, slag inclusions	Can be used for thick plates, welds, castings, forgings. May be used for welds where RT not practical.	Equipment must be constantly calibrated.

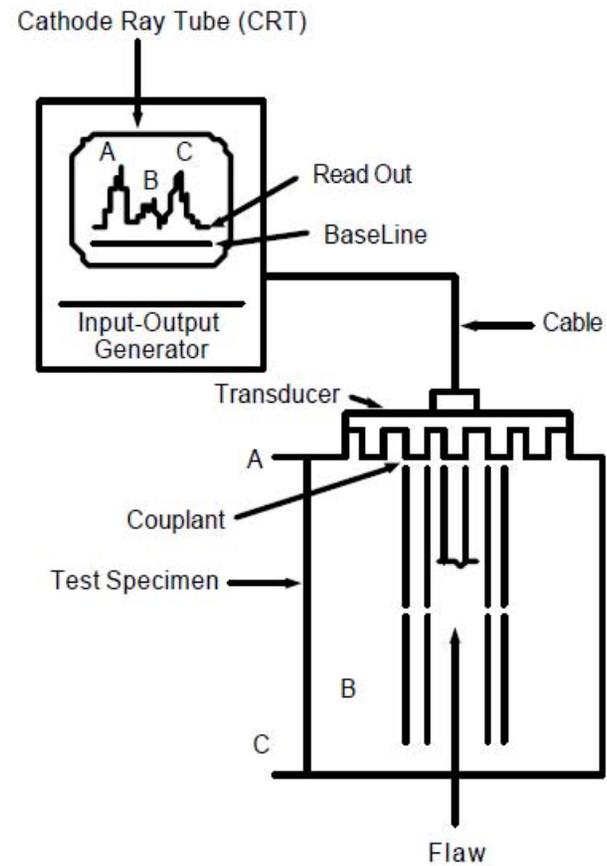
## 40-Esquemas de NDT- RT- UT

- Esquema RT



## 40-Esquemas de NDT- RT- UT (cont)

- Esquema UT



## 41-Prueba de presión-

- **Prueba de presión : UG-99 (b)**
- Tipicamente se usa el agua, debidamente tratada, las pruebas neumáticas son solo seguras a muy bajas presiones.
- Demuestra integridad estructural y mecánica luego de la fabricación e inspeccion.
- La presión de prueba mas elevada provee un margen de seguridad adecuado

$$PT = 1.3 P \text{ (Ratio)}$$

- Ratio =  $S \text{ (test temperatura) } / S \text{ (temperatura de diseño)}$ .
- **La presión de prueba debe ser calculada para la condicion de test especialmente:**
- Para prueba en taller, recipiente en posición horizontal
- Para prueba en campo, recipiente en la posición final, con espesor no corroído
- Para prueba en campo, recipiente en la posición final, con espesor corroído
- $PT \leq$  Presion de prueba de la brida
- Tension por presion de prueba en cualquier parte del recipiente  $\leq 0.9$  (MSYS).
- Prueba en campo con viento .
- **Nota:** la definition de MDLT. La prueba de presion no debe realizarse con agua a bajas temperaturas, por peligro de rotura fragil con tensiones menores a las admisibles.

## 41-Prueba de presión-(cont)

- UG-99 STANDARD HYDROSTATIC TEST

- *(b) Except as otherwise permitted in (a) above and*
- *, vessels designed for internal pressure shall be*
- *subjected to a hydrostatic test pressure which at every*
- *point in the vessel is at least equal to 1.3 times the*
- *maximum allowable working pressure to be marked*
- *on the vessel multiplied by the lowest ratio (for the*
- *materials of which the vessel is constructed) of the*
- *stress value  $S$  for the test temperature on the vessel*
- *to the stress value  $S$  for the design temperature (see*
- *UG-21). All loadings that may exist during this test*
- *shall be given consideration.*

## 41- Bibliografia

- **BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA:**

- T.E.M.A.: Standards of the Tubular Exchanger Manufacturer Association –
  - API 660: Shell and Tube Heat Exchanger for General Refinery Services –
  - API 661: Air-Cooled Heat Exchanger for General Refinery Services –
  - Bulletin 107 WRC: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loading –
  - Pressure Vessel Design Handbok – Henry H. Bednar .
  - Pressure Vessel Design Manual – Dennis R. Moss .
  - Pressure Vessel Handbook – Eugene F. Megyesy .
  - Process equipment , Vessels – Brownell & Young
- 
- Nota: Se incluyen solo estos que son los mas usados para el calculo y diseño de partes de recipientes , no incluidas en el codigo.

## 8- Resumen del curso

- Resumen : (A realizar con los participantes)
- -Materiales
- -Fabricación
- -Ensayos
- -Diseño
- -Inspección
- Visión general de diseño mecánico de recipientes
- ASME VIII, División 1 - Cobertura

Muchas gracias por su atención