

NORMAS DE DISEÑO

En los años 20, no existía ningún criterio a la hora de diseñar calderas y recipientes a presión. Ocurrían explosiones por causas desconocidas. Fue entonces cuando en esta misma década la American Society of the Metal and Electricity (ASME) comenzó a crear códigos para utilizar en el diseño y control de los recipientes que fuesen a trabajar a presión.

La ASME VIII Div. 1, Es la parte encargada de diseño, tiene distintas partes que comprenden cálculo de espesores, cálculo de aberturas, conexiones, etc.

Esta norma para diseño de calderas y recipientes a presión es utilizada a nivel mundial, aunque existe otros normas como: Norma alemana (AD-Merkblätter), Diseño de calderas según normativa española UNE 9-300.

Es necesario verificar que la empresa oferente de este tipo de equipos este certificada en cuanto a calidad, lo que implica que dicho fabricante usa alguna de estas normas para la fabricación y montaje.

Especificaciones para el diseño y fabricación de recipientes a presión. Parte 1

Usuarios y Fabricantes de recipientes sometidos a presión, en base a la aplicación de Normas Internacionales y a sus experiencias en el tema, han desarrollado ciertas prácticas comunes que han resultado ser ventajosas para encarar el proceso del diseño y construcción de los nuevos recipientes sometidos a presión. Las presentes Especificaciones, que incluyen a aquellas prácticas mas ampliamente aceptadas y utilizadas, nos permitirán interpretar mejor los procedimientos y alternativas prescritas por la Norma al conocer de antemano conceptos generales de diseño y de construcción, las que ahora podrán ser fácilmente interpretadas con la simple lectura de la mismas.

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395

A - GENERALIDADES

. Si bien existen varias Normas que son de aplicación, elaboradas por países de reconocida capacidad técnica en la materia, la Norma internacionalmente mas reconocida y de uso mas común, es la Secc VIII Div.1 "Pressure Vessels" del Código ASME (American Society of Mechanical Engineers). Esta Norma, cubre el diseño, la selección de materiales, la fabricación, la inspección, las pruebas, los criterios de aprobación y la documentación resultante de las distintas etapas a cumplir



. El Adquirente de un recipiente, debe informar al Fabricante sus requisitos operativos (presión y temperatura) tipo y características de fluido, capacidad volumétrica, forma de sustentación, limitaciones dimensionales del lugar de emplazamiento y cualquier otra característica particular que deba ser considerada. Si se cuenta con un anteproyecto previo, podrá incluir también la especificación del material constructivo, tipo de cabezales, accesorios operativos y de inspección, nivel del control de soldaduras, terminación superficial, tolerancia por corrosión, etc.

. El Fabricante, que es el único responsable del cumplimiento de todos los requisitos establecidos por la Norma, previo a la presupuestación, deberá verificar la viabilidad de todos los requerimientos solicitados, determinar el procedimiento y forma de realizar las soldaduras, la inspección considerada para las mismas, definir la tolerancia por corrosión aconsejable, calcular todos los espesores requeridos por las partes a presión para las condiciones de servicio y finalmente constatar la disponibilidad en el mercado de los materiales que se prevee utilizar en la construcción.

. El Fabricante siempre debe tratar de seleccionar materiales que puedan ser calificables bajo Código ASME; deberá además, detallar tipo y forma constructiva de los cabezales, determinar el tratamiento térmico (en los casos que corresponda), las características y dimensiones requeridas para los accesorios soldados y toda otra información que pueda resultar necesaria para una correcta definición y evaluación del suministro a realizar.

. Cuando el Adquirente suministre la Ingeniería básica, especificando los espesores requeridos, el Fabricante se limitará a verificar que los espesores de cálculo, adicionada la tolerancia por corrosión, no superen los valores solicitados, ya que ésta es una responsabilidad de la que nunca podrá ser eximido, aunque los cálculos hayan sido entregados por el Adquirente.

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395

. Acordada la provisión del recipiente y previo a la iniciación de su construcción, el Fabricante deberá presentar al Adquirente la documentación siguiente:



Planilla de datos básicos de diseño:

- **Plano constructivo**
- **Memorias de cálculo de envoltorio, cabezales y demás componentes que en cada caso corresponda incluir.**
- **Lista de materiales**
- **Planilla de calificación del(los) procedimiento(s) de soldadura, avalados por Inspector Nivelado**
- **Certificado de calificación de habilidad de los Soldadores/Operadores**
- **Programa de Fabricación y Plan de Inspecciones previsto para el control de fabricación.**
- **Certificado de Usina de las chapas ó en su defecto, de Laboratorio reconocido que certifique por los análisis físicos y químico la calidad de la chapa a utilizar.**
- **Documentación requerida para que, junto con los respaldos del control de fabricación, permita tramitar la aprobación del recipiente ante el Ente Estatal que corresponda s/requerimientos.**

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395

B - DISEÑO

La Secc VIII Div1 y Div 2 del Código, son parte de los denominados Códigos de Construcción de ASME. Los mismos contienen todo lo concerniente al diseño, la fabricación y el correspondiente control. A su vez, también hacen referencia a las fuentes de consulta sobre aspectos específicos tales como Materiales, Soldaduras y Ensayos no Destructivos, a los que denomina Códigos de Referencia. Estos son: Secc.II: Materiales – Secc.V:



Ensayos no Destructivos – Secc.IX: Calificación de Soldaduras, los que también deben ser cumplidos por los Fabricantes en la medida que el Código de Construcción invoque determinado requerimiento y remita al Código de Referencia correspondiente. Si bien, en la gran mayoría de los casos se diseña y fabrica bajo la Secc VIII Div1, también se dispone de la Div 2: Reglas Alternativas; esta Norma permite el diseño por Análisis de Tensiones, resultando muy necesaria para el cálculo de grandes recipientes, espesores gruesos de pared, condiciones de servicio severas, etc.

1. **El criterio de diseño utilizado por la Secc VIII Div 1, establece que el espesor de pared de un recipiente a presión, deberá ser tal que las tensiones generadas por la presión, no deben exceder el valor de la tensión admisible del material.**
2. **La tensión admisible a la tracción para cada material, resultará de dividir por 3,5 a la tensión de rotura de ese material a la temperatura de diseño.**
3. **No obstante que los valores de tensión de rotura que figuren en los certificados de Usina ó que resulten de ensayos posteriores, tengan valores por arriba del valor que para ese material y esa temperatura se establece en la Secc.II, este último es a partir del cual se tomará la tensión admisible a utilizar en el cálculo.**
4. **La presión de trabajo máxima permitida, estará limitada por la envolvente ó los cabezales y no por partes menores.**
5. **Los recipientes cubiertos por la Secc. VIII Div1, serán diseñados para las mas severas condiciones coincidentes de presión y temperatura previstas para las condiciones normales de operación que le son requeridas. Consecuentemente, la presión de diseño será la máxima de trabajo admitida por el recipiente sin que se supere la tensión admisible del material en el punto mas comprometido.**
6. **Los recipientes sometidos a presión, deberán ser diseñados para poder soportar las tensiones debidas a las cargas ejercidas por la presión interna ó externa, el peso del recipiente lleno de líquido y toda otra sollicitación que agregue tensiones sobre las partes que lo componen.**
7. **En el caso de tanques horizontales con longitud considerable y 2 cunas de apoyo, además del peso propio y de elementos interiores,**

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395

deben ser calculadas solicitaciones generadas en los apoyos y en el centro de la luz por el peso del líquido durante la realización de la Prueba Hidráulica, los que suman esfuerzos de tracción en esas zonas que son las mas comprometidas.

8. En los recipientes cilindricos verticales de altura considerable, también deberán ser verificadas las tensiones que provocan, además de la presión, otros factores tales como las cargas excéntricas, la acción del viento y las cargas sísmicas (si correspondiere); asimismo, también deben ser considerados el efecto de la temperatura si fuere el caso, la posibilidad de cargas de impacto, etc. El análisis debe concentrarse en la verificación de la condición mas desfavorable, provocada por su efecto combinado. En general se acepta que los recipientes verticales de altura considerable (caso torres de destilación), deban diseñarse con espesores variables, de manera tal que bajo las condiciones de operación normales, admitan una deflexión no mayor de 6" por cada 100 piés de altura, bajo la velocidad máxima del viento tenida en cuenta para el diseño. Tolerancia por corrosión: Las superficies interiores de un recipiente, al estar en contacto con el fluido, pueden estar expuestas a sufrir la pérdida de espesor por efecto de la corrosión y en el caso de movimiento de sólidos en suspensión, por erosión ó abrasión mecánica. El Código no permite que el espesor mínimo de la envolvente y de los cabezales (luego de conformados) de un recipiente a presión, sea menor a 1/16" (1,59 mm), excluida la tolerancia por corrosión; en todos los casos en los que se considere que esta pudiere aparecer, se debe sumar un sobreespesor adicional al de cálculo; está establecido como recomendable, adicionar un valor del orden de 1/16", con lo cual el espesor mínimo, no debería ser menor de 1/8" (3,17 mm). En el caso de recipientes para aire comprimido, vapor de agua ó agua a presión, el espesor mínimo será de 3/32" (2,38 mm) y previéndose corrosión, no debería ser menor de 5/32" (3,97 mm). En el caso de generadores de vapor sin fuego, no será menor de ¼" (6,35 mm) y adicionando la tolerancia por corrosión, no menor de 5/16" (7,93 mm).

9. Será responsabilidad del diseñador establecer en función del fluido y del servicio, el valor que resulte apropiado para permitir una vida útil razonable. Salvo casos especiales, los recipientes a presión deberán ser diseñados para una vida útil no menor de 15 años de operación continuada. En el caso particular de la Normativa de la Provincia de Buenos Aires, la vida útil de un recipiente habilitado, ha sido establecida en 30 años. Esto es un límite temporal válido siempre y cuando el espesor se mantenga por sobre el mínimo admisible por cálculo; cuando el valor medido resulte menor a ese mínimo, la vida útil del recipiente para operar a la presión para la que ha sido diseñado ha concluído, cualquiera sea el tiempo transcurrido desde su puesta en servicio. Como el avance real de una posible corrosión puede responder a factores que no hayan sido previstos, para no correr riesgos, la Norma exige la realización del control periódico de espesores.

Por lo indicado precedentemente y a los efectos de posibilitar el control periódico, los recipientes deberán contar con aberturas de

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395

inspección. Así por ejemplo, el Código establece que los recipientes con diámetro interior hasta 36" deberán contar con una boca de hombre ó 2 cuplas de 2" c/tapón roscado. Los diámetros mayores de 36" siempre deberán contar con boca de hombre con diámetro mayor ó igual a 16"; lo aconsejable es utilizar 18 ó 20". Cuando exista seguridad de que el fluido no es corrosivo, la boca de hombre podrá ser obviada.

C - FABRICACION

1 – Alcance del suministro: Es criterio generalizado entre los adquirentes de recipientes a presión que conocen y exigen la aplicación de Normas Internacionales, incluir en su requerimiento el alcance siguiente:



- Recipiente completo construido conforme a las especificaciones técnicas particulares y generales incluidas en la documentación del Pedido de Cotización, mas aquellas cuya definición ha sido asignada al Proveedor, todo lo cual constará en la oferta de éste y será aceptada por el Adquirente por medio de la correspondiente Orden.
- El suministro, como mínimo alcanza hasta los elementos de conexión externa vinculados por soldadura al recipiente, tal como lo son las conexiones bridadas y roscadas.
- Bocas de inspección ó control tales como entrada de hombre, entrada de mano y cualquier otro tipo de abertura para esas finalidades. En todos los casos se entiende con las correspondientes tapas ciegas, juntas y bulonería.
- Aditamentos externos requeridos para la sustentación del recipiente, tales como cunas, patas, faldones bridados, etc.
- Aditamentos internos indicados en planos como soldados directamente al interior de la envolvente.
- Elementos necesarios para el transporte y movimientos, tales como orejas ó cáncamos de izaje, rigidizadores, etc.
- Bulones y juntas adicionales para ser utilizadas en las pruebas.
- Certificados del Fabricante de la chapa ó de ensayos locales requeridos por Normas para constatar la calidad del material.
- Procedimientos de soldadura calificados por especialista nivelado y soldadores con habilidad certificada y vigente.
- Pruebas y ensayos requeridos por Norma, tales como: prueba hidráulica, tratamiento térmico en los casos en que fuera requerido, radiografiado de soldaduras y todo otro ensayo no destructivo que hubiere sido preestablecido ó que a criterio del Inspector del Adquirente, resultara procedente para evaluar posibles defectos de fabricación.
- Placa de Identificación del recipiente, con los datos de Norma y su correspondiente soporte.

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395

- Trabajos de limpieza y pintura de todas las superficies exteriores ó revestimientos interiores que se hubieren acordado.
- Preparación para el transporte, carga sobre camión en el Taller del Fabricante y transporte hasta la Planta del Adquirente si así hubiere sido acordado.
- Todo otro ó suministro que, aunque no estuviere explícitamente indicado, resulte necesario para una fabricación acorde a la Norma constructiva aplicada y a las mejores reglas del arte.

2 – Detalles constructivos:

- El Fabricante deberá desarrollar los planos constructivos necesarios a partir de la documentación de diseño.
- Las envolventes deberán ser roladas con un diámetro coincidente con el de transición de los cabezales.
- En recipientes con cabezales de diferente espesor que la envolvente se efectuará la transición de espesores sobre el exterior del recipiente. La longitud de transición nunca será menor que 3 veces la diferencia de espesores.



- Los cordones longitudinales de las envolventes serán ubicados de manera de no ser afectados por aberturas, placas de refuerzo, cunas de apoyo, etc y permanecer perfectamente visibles.
- Para los cordones circunferenciales son válidas las mismas consideraciones pero, si una interferencia es inevitable, el cordón será rebajado a rás de la chapa y examinado radiográficamente previo a la colocación del refuerzo.
- No se permitirá ninguna conexión roscada directamente sobre la envolvente ó cabezales, cualquiera fuere su espesor.
- Toda conexión que no se prolongue hacia el interior del tanque, terminará a rás de la cara interna y la soldadura se efectuará con penetración completa.
- Los refuerzos de conexiones y entradas de hombre, deberán ser calculados conforme lo especifica el Código. El material del refuerzo será el mismo tipo de acero que el utilizado en el recipiente.
- Los bordes interiores de las entradas de hombre ó de mano, serán amoladas con un radio mínimo de 6 mm.
- Para conexiones de Ø 2" ó menores, es recomendable la utilización de cuplas ó medias cuplas forjadas de serie 3000 como mínimo; las de 2 1/2" y mayores deberán ser bridadas de tipo SORF de Serie 150 como mínimo y para servicios de mayor presión, el tipo WNRF de la Serie que corresponda. Los cuellos de conexión para diámetros menores a 1 1/2" serán sch 80 y la conexión al cuerpo se realizará mediante accesorios socked weld..
- Todos los agujeros para los bulones de bridas, quedarán a horcajadas de los ejes principales del recipiente, salvo especificación en contrario.
- Los recipientes horizontales con 2 cunas de apoyo soldadas al cuerpo, deberán tener el anclaje de una de ellas con correderas para permitir la dilatación por temperatura.

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395

- Los recipientes de acero inoxidable podrán contar con medios de sustentación contruidos en acero al carbono, siempre que se suelden a placas externas del mismo material del cuerpo, soldadas previamente.
- Los tanques verticales podrán ser sustentados mediante patas soldadas a refuerzos convenientemente ubicados en la envolvente ó cabezal inferior ó mediante faldón provisto de silletas de anclaje ó brida. en el caso de recipientes de gran altura (caso de torres de destilación), el faldón tendrá el mismo diámetro que el recipiente y se anclará a una base de H°A° mediante una brida tipo silleta con bulones de anclaje. El faldón poseerá aberturas de ventilación, en especial en servicios con hidrocarburos u otros combustibles líquidos ó gaseosos.

3 – Soldaduras:

- El Fabricante no podrá comenzar a soldar hasta que el Procedimiento de Soldadura calificado y la Habilidad del Soldador/Operador, sean aprobados por la Inspección del Adquirente.
- Todas las soldaduras se realizarán en un todo de acuerdo con las normas A.W.S. (American Welding Society) en cuanto a los materiales de aporte utilizados y con el Código ASME Sección VIII y IX en lo referente a métodos y procedimientos de soldadura.
- Para la soldadura de envolvente y casquetes se utilizará la forma “a tope” de penetración y fusión completa. El procedimiento de soldadura mas moderno, seguro y rápido es el de Arco Sumergido (S.A.W) ó soldadura Automática.
- Una de las prácticas mas comunes para soldadura de ambos lados es, con bisel en X (2/3 ext./1/3 int.), realizando desde la cara interna la soldadura que hará de respaldo al S.A.W . Este respaldo, se realizará mediante procedimiento manual con electrodo revestido (S.M.A.W.), efectuando las pasadas necesarias s/espesor (s) ó bien con Semiautomática de alambre macizo (G.M.A.W.) ó tubular (F.C.A.W), en ambos casos con el modo de transferencia globular. Posteriormente, repelada la raíz, se efectuarán las pasadas externas de S.A.W. que sean necesarias para completar la soldadura.
- Si no es posible el acceso al interior del tanque, se utilizará bisel del tipo “V”, para soldar totalmente desde el exterior. Para este tipo de soldadura, es imprescindible utilizar un procedimiento adecuado que asegure la completa penetración; a este efecto, la raíz se efectuará preferentemente con el procedimiento TIG (G.T.A.W.) ó bien con S.M.A.W. utilizando el clásico electrodo celulósico 6010. Eventualmente se podrá colocar un anillo interno de respaldo que quedará incorporado en forma permanente a la soldadura al soldar desde el exterior con el S.A.W. ó con otro procedimiento. En todos los casos, los procedimientos, siempre deberán estar calificados bajo ASME IX. Las restantes uniones menores (conexiones, refuerzos, etc) podrán realizarse con S.M.A.W ó G.M.A.W., utilizando material de aporte acorde a lo especificado por A.W.S.
- Para cada forma y tipo de junta que se adopte y según sea el grado de control radiográfico que se efectúe, el Codigo ASME establece el valor de la eficiencia de junta E que interviene en el denominador de la fórmula de cálculo del espesor de pared del recipiente. Para el mismo tipo de junta, a mayor control mayor será el E permitido y consecuentemente, menor será el espesor mínimo requerido (ver UW-12 ASME VIII Div.1).

INGE-CAP LTDA.

Servicios en Ingeniería y Capacitación

/inge-capltda@hotmail.com/ fiseguraa@gmail.com / 09 7746 5698 – (56 – 41) 257 8801 - 245 0395