



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**DISEÑO DE TUBERÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE
DE ÓSMOSIS INVERSA CON ACERO INOXIDABLE 316**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICO**

PRESENTA:

ALEJANDRO CHAIRES MONTECINOS

ASESOR:

DR. HÉCTOR ENRIQUE CURIEL REYNA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A mi madre, Yolanda Montecinos Díaz que gracias a ella soy un hombre humilde, un hombre con valores y agradecido de las oportunidades que me ha brindado la vida. Porque me enseñó a jamás desistir y siempre luchar por cumplir mis propósitos.

¡Gracias madre! Por ti seré el primer ingeniero de la familia.

A mi padre, Ezequiel Chaires Guevara por transmitirme la disciplina, dedicación, fortaleza y darme las mejores herramientas para librar las batallas del día a día. Lo difícil ya está hecho, lo imposible está por hacer.

A mis hermanos, Eduardo Chaires Montecinos y Brenda Elizabeth Chaires Montecinos que por su apoyo y cariño se está logrando un gran paso en uno de mis tantos objetivos profesionales.

A mi familia y amigos, por sus tantos ánimos y buenos consejos que me impulsaron a seguir adelante.

Gracias a todos y cada uno de ustedes por contribuir en mi trayectoria como ingeniero.

ÍNDICE

1. LOS ACEROS INOXIDABLES.	
1.1. Marco Histórico.	01
1.2. Introducción aceros inoxidable.	02
1.3. Aceros Inoxidable Austeníticos.	05
1.4. Acero Inoxidable 316/316L	07
1.5. Deterioro de los aceros inoxidable.	10
1.6. Métodos de prevención y/o reducción de la corrosión.	14
2. GENERALIDADES DE TRATAMIENTO DE AGUAS.	
2.1. Inducción al tratamiento de aguas.	18
2.2. Tipos de Filtración.	23
2.3. Ósmosis inversa.	28
2.4. Diseño de ósmosis inversa.	32
3. INGENIERÍA DE MATERIALES.	
3.1. Disciplina de Tuberías.	36
3.2. Disciplina de Instrumentación y Control.	81
3.3. Disciplina Mecánicos.	83
4. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE.	
4.1. Alcance de proyecto.	90
4.2. Definiciones en el diseño de tuberías.	91
4.3. Generación de isométricos.	97
4.4. Conclusiones.	101
5. ISOMÉTRICOS DE CONSTRUCCIÓN.	105
BIBLIOGRAFÍA	C



1. LOS ACEROS INOXIDABLES.

1.1 Marco Histórico

Los primeros trabajos realizados para la fabricación de los hierros y aceros inoxidable datan del siglo XIX. Ya en aquellos días se sabía que el hierro aleado con ciertos metales, como el cobre y el níquel resistía mejor a la oxidación que el hierro ordinario.

En esa época no se llegó a estudiar ni a conocer bien esta clase de aceros. En 1872 Woods y Clark fabricaron aceros con 5% de cromo que tenían también mayor resistencia a la corrosión que los hierros ordinarios de esa época.

En 1892 el inglés Hadfield estudió las propiedades de ciertos aceros aleados con cromo y dio a conocer en sus escritos que el cromo mejoraba sensiblemente la resistencia a la corrosión.

En 1904-1910, León Guillet y Albert M. Portevin realizaron en Francia numerosos estudios sobre aceros aleados con cromo y níquel, determinando micro estructuras y tratamientos de muchos de ellos. Llegaron a fabricar aceros muy similares a los típicos aceros inoxidable que se usan en la actualidad, pero hasta entonces nunca le dieron especial atención.

El desarrollo original de lo que son actualmente los aceros inoxidable aconteció en los albores de la primera guerra mundial. En forma independiente y casi simultánea, en Inglaterra y en Alemania se descubrieron los aceros inoxidable tal como los conocemos ahora. En 1913 el metalúrgico inglés Harry Brearley investigando cómo mejorar una aleación para proteger los cilindros de los cañones, encontró que agregando cromo a los aceros de bajo carbono (contenido del 9% al 16% de cromo), obtenía aceros resistentes a las manchas o resistentes a la oxidación.

Los doctores Strauss y Maurer, de Alemania, patentaron en 1912 dos grupos de aceros inoxidable al cromo-níquel de bajo contenido de carbono; uno de éstos, con la denominación 18-8 (ahora conocido como acero inoxidable 304), ha sido utilizado desde entonces en numerosas aplicaciones.



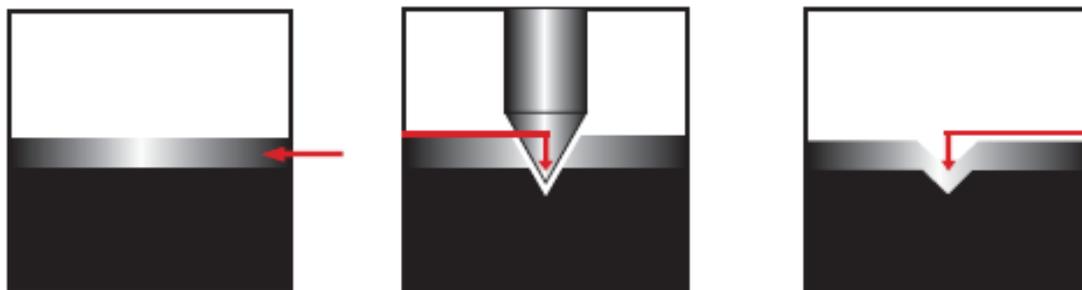
1.2 Introducción aceros inoxidables.

Existen más de 200 diferentes grados de aceros inoxidables y cada una de ellas esta aleada para proporcionar una combinación de resistencia a la corrosión, resistencia al calor, diferentes propiedades mecánicas y otras características específicas.

Los aceros inoxidables se seleccionan debido a su excelente resistencia a la corrosión. Esta resistencia es debido a la formación espontánea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero.

Los aceros inoxidables contienen aproximadamente un 11% de Cr para aumentar la resistencia a la corrosión o para requerimientos de fabricación específicos, el cromo puede aumentarse y pueden añadirse otros elementos tales como níquel y molibdeno como elementos principales para mejorar sus características y propiedades mecánicas.

Una película pasiva actúa como una barrera para prevenir la corrosión y el grado de impenetrabilidad de la capa de óxido en ciertos ambientes depende no solo de la composición de la aleación, sino también de la temperatura a la que esté sometido y de la concentración del agente corrosivo. Los aceros inoxidables también son resistentes al calor.



El acero inoxidable forma una capa de óxido de cromo.

Cuando es rayado, esta película protectora es removida.

La capa protectora es restaurada.

FIGURA 1-1 Restauración de película de óxido de cromo.



1.2.1 Influencia de diversos elementos en los aceros inoxidables.

Cromo:

- Formador de ferrita y carburo.
- No presenta aporte significativo en la resistencia a altas temperaturas.
- Principal responsable de la resistencia a la corrosión y de la formación de la película de óxido.

Níquel:

- Formador de austenita.
- Mejora la resistencia general a la corrosión.
- Mejora la tenacidad y ductilidad.
- Aumenta la resistencia eléctrica.
- Aumenta la soldabilidad.
- Aumenta la resistencia a la fatiga.
- Reduce la conductividad del calor.

Molibdeno:

- Formador de ferrita y carburo.
- Aumenta la resistencia a las temperaturas elevadas.
- Mejora la resistencia general a la corrosión en medios no oxidables
- Resistencia a la corrosión por picadura en todos los medios.

Nitrógeno:

- Evita la corrosión intergranular.

Silicio:

- Aumenta resistencia.
- Se emplea en aleaciones resistentes al calor.



Manganeso:

- Aumenta templabilidad en los aceros.

Azufre, Selenio, Fosforo:

- Se añade en pequeñas proporciones para mejorar el mecanizado.

1.2.2 Tipos de aceros inoxidables.

Existen varias clases de aceros inoxidables basados en estructura cristalina y mecanismo de endurecimiento:

- Aceros inoxidables ferríticos.
- Aceros inoxidables martensíticos.
- Aceros Inoxidables austeníticos.
- Aceros inoxidables endurecidos por precipitación.
- Aceros inoxidables Duplex.

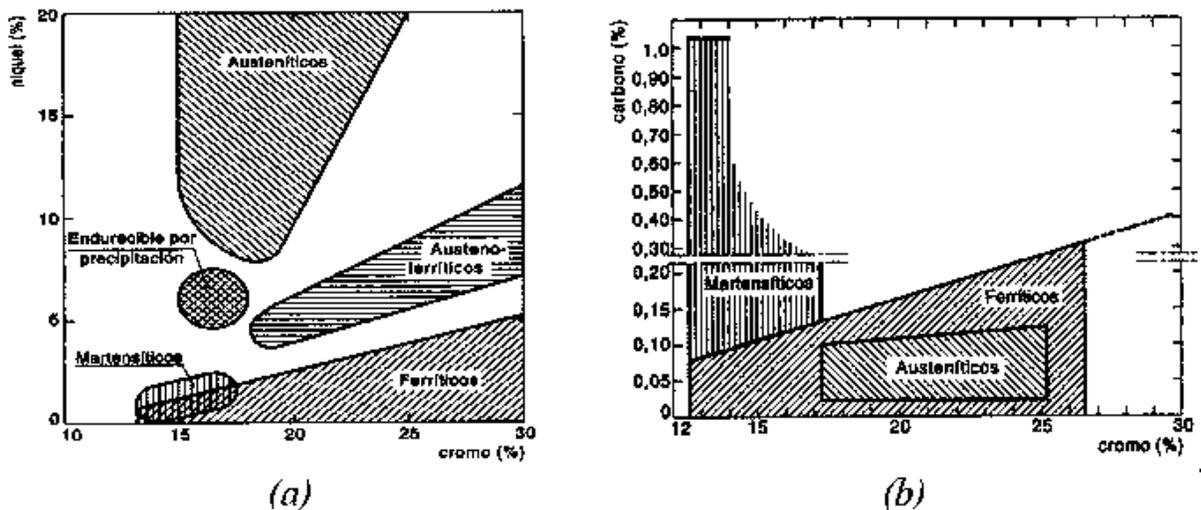


FIGURA 1-2 Tipos de familias de aceros inoxidables.

- En función de contenido de Cromo y níquel.
- En función del contenido de cromo y carbono.



1.3 Aceros inoxidables Austeníticos

(Serie 300 AISI) Aleación Cr-Ni

La adición como mínimo de 8% de níquel a un acero con 18% de cromo lo transforma en austenítico manteniendo sus características de inoxidable. Esta y otras modificaciones, constituyen la serie 300.

La clase austenítica contiene níquel como segundo elemento principal de aleación. El Ni se utiliza para suprimir la transformación de la Austenita y hacerla estable incluso a temperatura ambiente y más baja. Así, cuando el níquel se agrega al acero inoxidable en cantidades suficientes, la estructura cambia a Austenita.

La inherente plasticidad de la estructura cúbica centrada en las caras (FCC) de la Austenita transmite su tenacidad, reducción en área y excelente resistencia al impacto aun a temperaturas criogénicas a estos aceros.

Para aplicaciones con corrosión es necesario el control del contenido de carbono por debajo de 0,08% (304 y 316). Cuando estos aceros se sueldan se deben tomar precauciones adicionales y frecuentemente se especifican valores de carbono inferiores a 0,03% (304L y 316L).

Características básicas:

- Elevada resistencia a la corrosión en una amplia gama de ambientes corrosivos, generalmente mejor que la de los aceros Martensíticos o Ferríticos, pero son vulnerables al agrietamiento por corrosión bajo tensiones en ambientes de cloruro.
 - Excelente soldabilidad.
 - Sobresaliente maleabilidad y ductibilidad.
 - Muy buenas propiedades criogénicas y buena resistencia a altas temperaturas.
- La plasticidad de la estructura de la austenita, transmite a estos aceros su tenacidad y resistente resistencia al impacto aun en temperaturas criogénicas.



- Endurecible solamente por trabajo en frío. Los aceros inoxidable austeníticos no pueden ser templados para obtener martensita, que el Níquel estabiliza la austenita a temperatura ambiente e incluso por debajo de ella.
- Comparado con el acero al carbono posee menor punto de fusión, menor conductividad térmica, mayor resistencia eléctrica.

Algunas de sus aplicaciones típicas son las siguientes:

- Algunos de los aceros completamente austeníticos pueden ser usados a temperaturas tan bajas como -270°C .
- Plantas y equipos químicos.
- Equipos para procesamiento de alimentos.
- Equipos para aplicaciones farmacéuticas.

TIPO AISI	Descripción	Aplicaciones mas comunes
302 (18% Cr, 8% Ni)	Aleación básica	
303 (18% Cr, 9% Ni, 0.15% S)	Agregado de S para mejorar su maquinabilidad	Conectores, cerraduras, tuercas y tornillos, partes maquinadas, partes para bombas.
304 (18% Cr, 8% Ni)	Menos % de C (0.08%) que el 302 para mejorar resistencia a la corrosión intergranular.	Equipo químico de procesos, manejo de alimentos y equipos para hospitales.
304L (18% Cr, 8% Ni)	Menos de 0.03%C (para reducir los riesgos de corrosión intergranular).	Reducción de carbono para evitar la corrosión intergranular en la soldadura.
309/309S (23% Cr, 13% Ni)	Más Cr y Ni para aumentar la resistencia a la formación de escamas a altas temperaturas. 309 0.2% C y 309S 0.08% C.	Calentadores de aire, equipos para tratamientos termicos de acero.
316 (17% Cr, 12% Ni, 3% Mo)	Agregado de Mo, mejora la resistencia a la tracción a altas temperaturas 0.08% C.	Equipos para el procesamiento de alimentos, farmaceuticos, fotográficos, textil.
316L (17% Cr, 12% Ni, 3% Mo)	Reducción del % de C para evitar la corrosión intergranular durante la soldadura. 0.03% C.	Intercambiadores de calor, protesis temporarias.
330 (21%Cr, 36% Ni)	Mas Ni para aumentar el shock térmico y carburación	Hornos de recocido, partes para turbina de gas e intercambiadores de calor.
347 (18% Cr, 10% Ni)	Estabilizado con Nb y Ta para evitar los carburos de Cr.	Tanques Soldados para el almacenamiento de sustancias quimicas orgánicas.

TABLA 1-1 Aceros inoxidable austeníticos serie 300



(Serie 200 AISI) Aleación Cr-Mn-Ni

En la Serie 200 el níquel encuentra en menor proporción (hasta 6%) y mantienen la estructura austenítica con altos niveles de nitrógeno. El manganeso, de 5 a 10%, es necesario para aumentar la solubilidad del nitrógeno en la austenita. Se caracterizan por un alto valor de límite elástico y tensión de rotura, pero su ductilidad es baja si se compara con los de la serie 300.

1.4 Acero Inoxidable 316/316L

1.4.1 Descripción

El tipo 316 contiene de 2 a 3% de molibdeno que mejora la resistencia a la corrosión frente a diversos químicos agresivos, ácidos y atmósfera salina, previenen la sensibilización (precipitación de carburos de cromo en los límites de grano) y, por consiguiente, la corrosión intergranular. Sus propiedades mecánicas son similares a las del tipo 304.

El tipo 316L un acero inoxidable cromo- níquel-molibdeno con bajos contenidos de carbono (0.03%) para minimizar la precipitación de carburos de cromo, incrementa la resistencia a la corrosión general y mejora la resistencia a la corrosión por picaduras en soluciones cloradas.

Es por esto, que el grado 316/316L es ampliamente utilizado para soldar componentes de grueso espesor. es no magnético en condiciones de recocido. Sin embargo, puede llegar a adquirir un ligero magnetismo cuando es deformado en frío. Puede ser embutido, estampado y troquelado sin dificultad alguna. Como todos los inoxidable austeníticos, el tipo 316 L tiende a endurecerse por el trabajo en frío. Por tal motivo, cuando es severamente deformado, un tratamiento de recocido posterior puede ser necesario en algunas ocasiones. La microestructura austenítica proporciona a este acero una muy buena resistencia, incluso a temperaturas criogénicas.



1.4.2 Ventajas del acero inoxidable 316/316L

- ✓ Superior a aleaciones austeníticas 301 y 304.
- ✓ Excelente resistencia a la corrosión general e intergranular.
- ✓ Muy buena soldabilidad.
- ✓ Buena resistencia a la corrosión por picaduras y hendiduras.
- ✓ Buena formabilidad.
- ✓ Facilidad de limpieza.
- ✓ Buena resistencia a temperaturas criogénicas.
- ✓ Buena resistencia a temperaturas elevadas.

1.4.3 Propiedades Mecánicas.

a) Resistencia a la corrosión.

Proporciona una mayor resistencia a la corrosión general y por picaduras/hendiduras que el tipo 304. La adición de molibdeno a esta aleación, también proporciona una mejor resistencia en una gran variedad de ambientes.

Su bajo contenido de carbono retarda notablemente la precipitación del carburo de cromo y, por lo tanto, muestra una menor vulnerabilidad al ataque intergranular en medios corrosivos. Este grado es recomendado para la fabricación de piezas soldadas que no pueden ser recocidas posteriormente.

b) Resistencia a oxidación a altas temperaturas.

Para servicio continuo a temperaturas elevadas exhibe una buena resistencia a la oxidación hasta cerca de los 927 °C (1700 °F). En servicio intermitente, la temperatura máxima de exposición es alrededor de los 870°C (1600 °F).



c) Soldabilidad

Es fácilmente soldable por todas las técnicas convencionales de soldadura por fusión y resistencia (GTAW, TIG, GMAW, MIG, SAW), excepto el gas oxiacetilénico.

El grado 316 L generalmente es considerado a tener menor soldabilidad que los aceros 304 y 304 L. El elevado contenido de níquel de esta aleación requiere consideraciones especiales durante la soldadura con el fin de evitar el agrietamiento en caliente por la formación de ferrita en el depósito de soldadura.

Cuando un material de aporte es requerido, los tipos 316 L y 317 L son satisfactorios, los cuales conservan la resistencia a la corrosión.

Grado	Condición	Resistencia a la tensión (min)		Límite elástico (min)		% de Elongación en 50mm (min) %	Dureza	
		ksi	MPa	ksi	MPa		Brinell	Rockwell B
Aceros inoxidables Austeníticos								
316	Recocido	75	515	30	205	40	217	95
316L	Recocido	70	485	30	170	40	217	95

TABLA 1-2. Propiedades Mecánicas.

Grado	-20 a 100°F	300°F	400°F	500°F	600°F	650°F	700°F	750°F	800°F	850°F
Aceros inoxidables Austeníticos										
316L	16.7	12.7	11.7	10.9	10.4	10.2	10	9.8	9.6	9.4

TABLA 1-3. Valores máximos de estrés permitidos (ksi).

1.4.4 Propiedades químicas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% en peso).

	%C	%Cr	%Ni	%Mo	%N
316	0.08	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	0.1
316L	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	0.1

TABLA 1-4 ASTM/AWS/AMS Composición química.



1.4.5 Aplicaciones.

- ✓ Equipo procesador de alimentos.
- ✓ Implantes médicos.
- ✓ Equipos para refinerías de petróleo.
- ✓ Equipo procesador de medicamentos.
- ✓ Aplicaciones marinas.
- ✓ Utensilios de cocina y aplicaciones en electrodomésticos.
- ✓ Contenedores para transportación de químicos.
- ✓ Intercambiadores de calor.

1.5 Deterioro de los aceros inoxidables.

Cuando los aceros inoxidables sufren corrosión, generalmente no es uniforme como en el caso de los aceros al carbono, sino localizada. Debido a ello no puede prevenirse con espesores adicionales, sino que debe evitarse la corrosión misma por medio de un conocimiento profundo del medio corrosivo y del acero utilizado. Los aceros inoxidables no son atacados por el ácido nítrico u otros ácidos oxidantes, que facilitan la formación de la película protectora. Por otra parte, en general, estos aceros no resisten la presencia de ácidos reductores como el ácido clorhídrico o fluorhídrico, y son atacados por las sales de ellos (cloruros, fluoruros, bromuros y yoduros).



FIGURA 1-3. Aspecto de corrosión por esfuerzo.



1.5.1 Corrosión generalizada (uniforme).

El ataque uniforme es la forma más común de corrosión. Se caracteriza por un ataque electroquímico o químico que afecta a toda la superficie expuesta. El metal se vuelve más delgado y finalmente falla. A diferencia de muchas de las otras formas de corrosión, la corrosión uniforme puede medirse fácilmente mediante aparatos de medición de espesores de líneas, pérdidas de peso y fórmulas. Algunas causas de la corrosión son por la presencia de ácido sulfúrico y clorhídrico puede generar deterioro superficial y generalizado a muy bajas concentraciones produciendo un deterioro de la superficie del acero. Se caracteriza por la presencia de herrumbre en el acero. Algunos métodos usados para prevenir o reducir la corrosión general son: recubrimientos, inhibidores, y protección catódica.



FIGURA 1-4. Superficie de acero con corrosión generalizada

1.5.2 Corrosión intergranular.

La corrosión intergranular es causada por la presencia de impurezas, la precipitación de uno de los elementos de aleación o el agotamiento de uno de estos elementos a lo largo de los límites de grano. Se forman carburos de cromo en los límites de los cristales de Austenita, empobreciendo la zona adyacente de este elemento (cromo) y quedando de esta forma expuesto a la corrosión La corrosión intergranular ocurre más comúnmente en aluminio, aleaciones de cobre y aceros inoxidables austeníticos.



Los métodos para evitar la sensibilización y para controlar la corrosión intergranular de los aceros inoxidable austeníticos son agregando elementos que son formadores de carburo más fuertes (estabilizantes tales como niobio, niobio más tantalio o titanio) que el cromo, o reduciendo el contenido de carbono por debajo de 0,03% (tipo L).

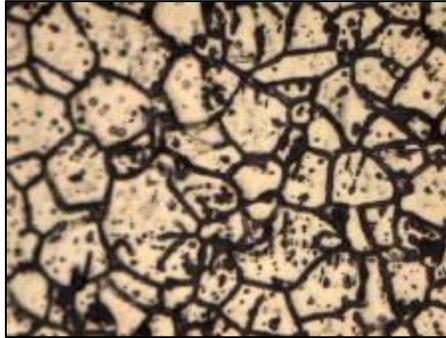


FIGURA 1-5. Aspecto de la corrosión intergranular de un acero inox. AISI 304.

1.5.3 Corrosión por picaduras (pitting).

La picadura es una forma de ataque extremadamente localizado que forma una cavidad o agujero en el metal o la aleación. Estos agujeros pueden ser pequeños y difíciles de detectar visualmente debido a la corrosión general.

El pitting se asocia con discontinuidades localizadas del film de pasivación. La sensibilidad al pitting aumenta con condiciones extremas de agentes corrosivos, imperfecciones mecánicas, tales como partículas extrañas, daño en la superficie del material, o por fallas en la película de óxido de cromo.

El fenómeno ocurre cuando se rompe la capa pasivante y hay un ataque muy localizado. Algunos métodos para reducir los efectos de la corrosión por picaduras son: reducir la agresividad del ambiente y utilizar materiales resistentes a las picaduras. Es posible prevenir o retardar este efecto, usando aceros con contenido de Molibdeno, como el 316.

Esta clase de corrosión posee algunas otras formas derivadas:



- Corrosión por Cavitación:

Es la producida por la formación y colapso de burbujas en la superficie del metal (en contacto con un líquido). Es un fenómeno semejante al que le ocurre a las caras posteriores de las hélices de los barcos. Genera una serie de picaduras en forma de panal.

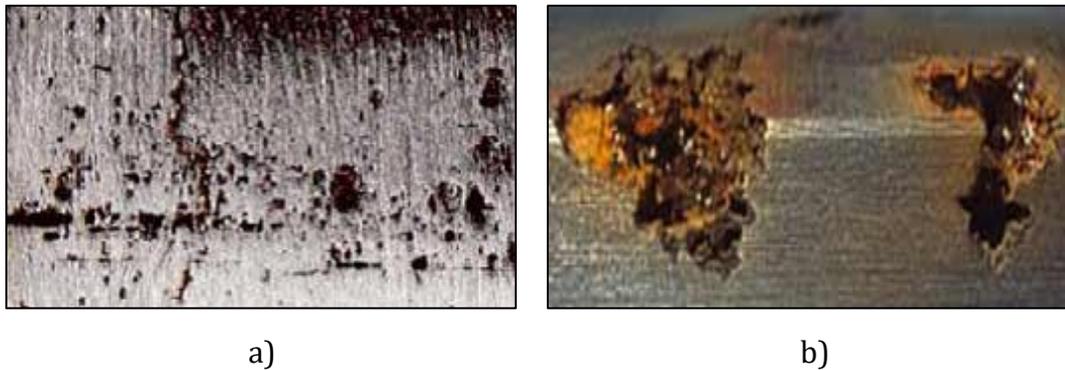


FIGURA 1-6. Aspecto de la corrosión por picaduras

- a) Corrosión por picaduras.
- b) Corrosión por cavitación.

1.5.4 Corrosión bajo tensión (stress corrosión cracking).

Corresponde a una falla de material, la cual es originada por la presencia simultánea de un ambiente adecuado, un material susceptible, y la presencia de tensiones. La temperatura es un factor ambiental significativo que afecta el agrietamiento. La tensión umbral está frecuentemente por debajo del punto de fluencia del material. Una falla catastrófica puede ocurrir sin deformación significativa o el deterioro visible del componente.

Este tipo de corrosión es la menos frecuente, se trata de un tipo de corrosión transgranular, el cual es producido por tensiones generadas en el material, tales como tracción, deformación en frío, soldaduras, etc. ante la presencia de agentes químicos, principalmente compuestos clorados.



Se manifiesta por pequeñas fisuras en las zonas expuestas a tensión. Algunos métodos para prevenir la corrosión bajo tensiones son: selección apropiada del material, remover la especie química que promueve el agrietamiento, cambiar el proceso de fabricación o diseñar adecuadamente para reducir las tensiones.

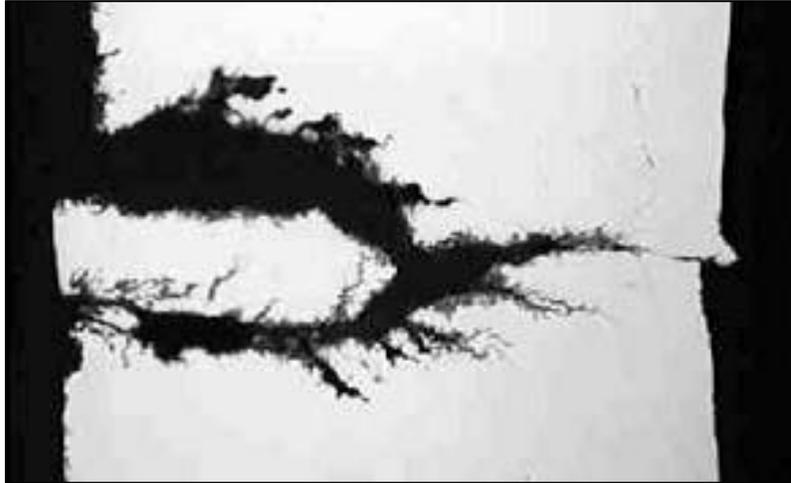


FIGURA 1-7. Corrosión bajo tensión.

1.6 Métodos de prevención y/o reducción de la corrosión.

La base de los métodos de prevención o reducción de la corrosión implica restringir o controlar las reacciones de corrosión, cambiar las variables ambientales o romper el contacto eléctrico entre ánodos y cátodos.

Las pruebas de corrosión pueden reducir los costos, mejorar la seguridad y conservar los recursos en los componentes, procesos y aplicaciones industriales, comerciales y personales. La evaluación de la corrosión incluye pruebas de laboratorio, de planta piloto y de campo. La selección de materiales para la resistencia a la corrosión en servicios industriales específicos se realiza mejor mediante pruebas de campo y rendimiento real del servicio. Sin embargo, factores ambientales incontrolables pueden distorsionar la comparación precisa de aleaciones o metales potenciales, y los tiempos de prueba pueden ser poco realistas.



Los métodos de prevención o reducción de la corrosión incluyen una selección apropiada de materiales, un buen diseño, revestimientos, uso de inhibidores, protección anódica/catódica.

1.6.1 Selección apropiada del material.

El método más común para reducir la corrosión es seleccionar el material adecuado para las condiciones ambientales y las aplicaciones.

La experiencia y los datos, tanto internos como externos, pueden ayudar en el proceso de selección de materiales. Muchos materiales pueden ser eliminados por condiciones de servicio (temperatura, presión, resistencia, compatibilidad química).

Diferentes organizaciones (ASTM, ASM International, ASME, NACE International) pueden ofrecer referencias para ayudar a resolver problemas y hacer predicciones sobre el comportamiento de corrosión de los materiales candidatos. El material debe ser rentable y resistente a las diversas formas de corrosión que pueden encontrarse en su aplicación. Se pueden aplicar reglas generales para determinar la resistencia de metales y aleaciones.

1.6.2 Diseño adecuado.

El diseñador debe tener un conocimiento creíble de la corrosión o debe trabajar en cooperación con un ingeniero de materiales.

El diseño debe evitar huecos o estructuras donde la suciedad o los depósitos podrían formar fácilmente grietas. Las conexiones no deben ser hechas de metales diferentes o aleaciones ampliamente separadas para juntas soldables. Las juntas soldadas deben evitar grietas, segregación microestructura y altas tensiones residuales o aplicadas.

Todas las piezas que requieren mantenimiento o reemplazo deben ser fácilmente accesibles. En el caso de tuberías evitar piernas muertas o en su caso drenar aquellos puntos donde es susceptible a la acumulación de fluidos que puedan corroer el material.

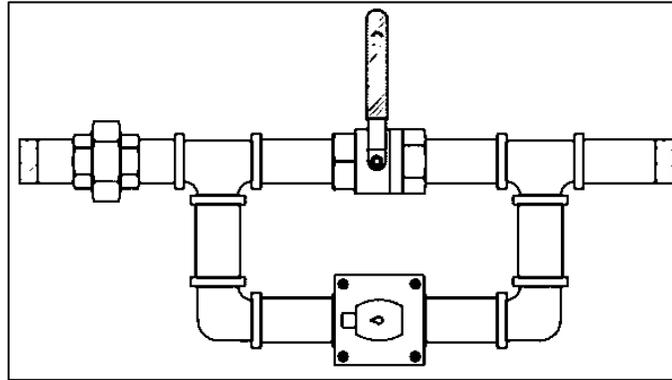


FIGURA 1-8. Ejemplo de diseño incompleto de tubería por falta de drenajes en punto muerto. (Vista elevación).

1.6.3 Inhibidores:

a) Decapado:

El decapado es la eliminación de una fina capa de metal de la superficie del acero inoxidable. Se suelen emplear mezclas de ácido nítrico y fluorhídrico para el decapado de los aceros inoxidables. El decapado es el proceso utilizado para eliminar las manchas de termo coloración por soldadura de la superficie de elementos de acero inoxidable, en los que se ha reducido el contenido de cromo de la superficie del acero.



FIGURA 1-9. Superficie de acero inoxidable antes y después del proceso de decapado.



b) Pasivación:

La pasivación sucede cuando el cromo presente en el acero inoxidable entra en contacto con el oxígeno en el aire. Esta reacción química forma una capa pasiva de óxido de cromo, la cual protege la superficie de acero inoxidable. Para formar una capa gruesa y uniforme de óxido de cromo, la superficie debe estar completamente limpia y libre de cualquier contaminante.

Suele producirse de forma espontánea, pero a veces puede ser necesario favorecer el proceso con tratamientos de ácido oxidante. A diferencia con el decapado, durante el pasivado mediante ácido no se elimina metal alguno de la superficie. En cambio, la calidad y el espesor de la capa pasiva crecen rápidamente en el proceso de pasivado mediante ácido siendo este comúnmente ácido nítrico.

c) Electropulido:

El electropulido normalmente produce una superficie que garantiza una resistencia a la corrosión óptima. No elimina zonas selectivas donde existe una menor resistencia a la corrosión, sin embargo, pule la superficie. El material obtenido tiene una superficie lisa y una micro rugosidad que supera los requerimientos más exigentes de higiene. Por estas razones, el electropulido es un tratamiento final después del decapado. Comúnmente utilizado para acabados sanitarios.



FIGURA 1-10. Resultado del proceso de electropulido de una pieza mecánica.



2. GENERALIDADES DE TRATAMIENTO DE AGUAS

2.1 Inducción al tratamiento de aguas.

El agua para poderse utilizar tanto para el consumo humano o en la industria, requiere adecuaciones, ya que esta presenta contaminantes que crean la necesidad de someterla a tratamiento.

Tratamiento de agua no significa la eliminación completa de los contaminantes presentes en el agua, sino la reducción de estos a valores o niveles adecuados.

- **Contaminantes en el agua**

IMPUREZAS			
Biológicas	Minerales		Orgánicas
Virus	No nocivas a la salud	Nocivas a la salud y al medio ambiente	Pesticidas
	Turbiedad	NO ₂ (Dioxido de N)	Solventes
Bacterias	SS (Sólidos suspendidos)	NO ₃ (Nitratos)	Fenoles
	Arenas	PO ₄ (Fosfatos)	Detergentes

TABLA 2-1. Tipos de impurezas en el agua.

El tratamiento de aguas se realiza para los siguientes casos:

- Tratamiento de agua para consumo humano (potabilización).
- Tratamiento de agua para consumo en la industria.
- Tratamiento de agua residual domestica (municipal).
- Tratamiento de agua residual industrial.



A nivel industrial el uso adecuado del tipo de planta de tratamiento va a depender principalmente del estudio previo que se tiene que realizar al agua de la zona o que se tiene como suministro y determinar los valores requeridos por el cliente como producto final para su uso.

La estrategia correcta para un programa de reducción de la contaminación industrial es aquella en la que se tiene en cuenta todas las oportunidades para tratamiento de las aguas residuales integradas en el proceso básico de la actividad industrial.

La reducción de la contaminación de las aguas residuales en origen lleva consigo 3 fases distintas.

- FASE 01: Llevar a cabo una revisión de todos los efluentes de la planta. Esto significa hacer un inventario de todas las fuentes, así como finalmente para cada corriente de aguas residuales determinar los caudales y las cargas contaminantes.

Para caudales continuos basta con determinar las cifras en (m^3/h), para cargas contaminantes se expresa de distintas formas. Para compuestos orgánicos que están sometidos a oxidación bioquímica, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la más normalmente empleada.

- FASE 02: Revisión de los datos obtenidos en la fase 01 para establecer los objetivos de reducción de la contaminación posibles. Esto depende de la aplicación industrial a la que se dirija. Algunos de estos son:
 - a) Incrementar el reciclaje/reutilización del agua
 - b) Eliminación de enfriamiento por contacto para gases de escape sustituyendo condensados de refrigeración por intercambiadores de tubos o sistemas de refrigeración por aire.
 - c) Diseño de una planta alternativa para recuperación de subproductos químicos contaminantes, obtener ganancias económicas por la recuperación de químicos y evitar la contaminación desechándolos por alcantarillados.



- FASE 03: Evaluación de los ahorros potenciales en inversión y costes de operación de las plantas de tratamientos de aguas previas al estudio que se realizaron en las fases pasadas. Comparación de los costos de inversión y operación de distintas alternativas consideradas.

Para poder llevar a cabo un control y reducción de la contaminación en los procesos básicos industriales, se requiere de un gran conocimiento de los procesos y de las posibles modificaciones. La ingeniería química es fundamental en el arranque del proyecto.



FIGURA 2-1. Ejemplo esquemático toma de pruebas de agua de acuerdo a la Fase 01 de reducción de contaminantes.

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales o la serie de procesos de tratamiento depende de un cierto número de factores, entre los que incluyen:

- a) Características del agua residual: demanda bioquímica de oxígeno, materia en suspensión, pH, productos tóxicos.
- b) Calidad del agua de salida requerida.
- c) Costes, accesibilidad, constructabilidad.
- d) Consideración de las futuras aplicaciones por una posible ampliación, remodelación de equipo, innovación, etc.



Los pretratamientos de aguas residuales implican la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su buena descarga en los receptores, o bien, para pasar a un tratamiento secundario y terciario a través de una neutralización u homogeneización.

A continuación, se enlista algunos de los principales métodos de sistemas de tratamientos de aguas.



FIGURA 2-2. Principales sistemas de tratamientos de agua.

La operación básica que tiene como finalidad separar de un fluido sea líquido o gas las partículas que lleva en suspensión es la filtración.

Es la separación de 2 fases (líquida y sólida) mediante un cuerpo poroso o filtro que retiene las partículas sólidas y dejar pasar el líquido.



La filtración se efectúa principalmente para la eliminación de sólidos suspendidos en el agua potable, mientras que en el agua residual se utiliza para eliminar los flocos biológicos presentes, la eliminación de precipitados presentes por la adición de reactivos.

La calidad de agua va a depender del método de filtración utilizado en el proceso, así como la calidad de agua deseada para su uso. Los métodos empleados son más sofisticados y se obtienen mejores resultados de acuerdo al resultado deseado.

La escala de referencia puede ser consultada mediante el espectro de filtración del agua que indica las sustancias permeadas durante el proceso. (TABLA 3-2).

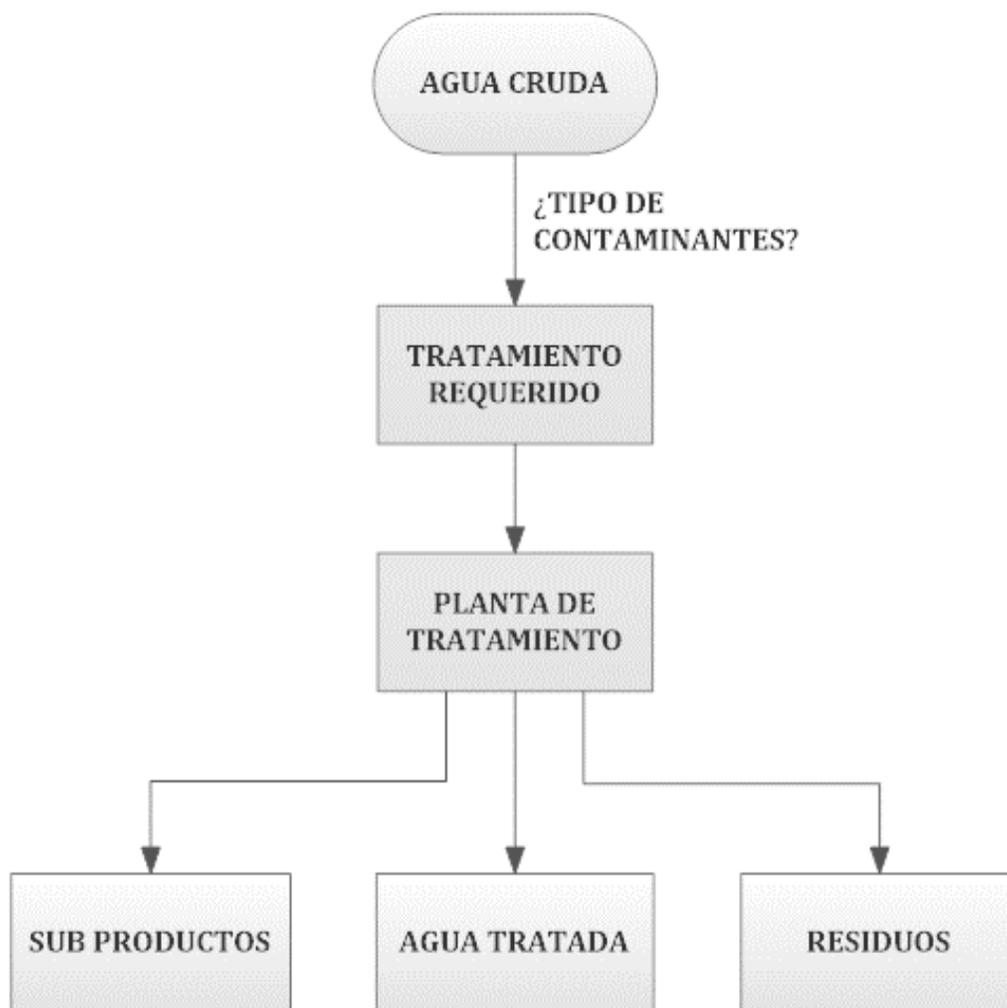


FIGURA 2-3. Proceso de tratamiento de agua cruda.



2.2 Tipos de Filtración.

2.2.1 Microfiltración (MF).

Filtración a través de membranas con tamaño de poro entre $0.1 - 10 \mu\text{m}$ Su aplicación está indicada para clarificar aguas con partículas superiores a $0.1 \mu\text{m}$ y eliminación de bacterias. Este tipo de filtración trabaja a baja presión para separar partículas de alto peso molecular, coloides en suspensión o bien sólidos disueltos. Aplicaciones frecuentes incluyen la separación de células de extractos fermentados, fraccionamiento de proteínas de leche, clarificación de jarabe de maíz y la recuperación de químicos de lavado CIP. Se emplean en diferentes campos, tales como:

1. Esterilización de bebidas y productos farmacéuticos.
2. Clarificación de bebidas.
3. Tratamiento de efluentes, como pre-tratamiento previo a sistemas de nanofiltración y ósmosis inversa.

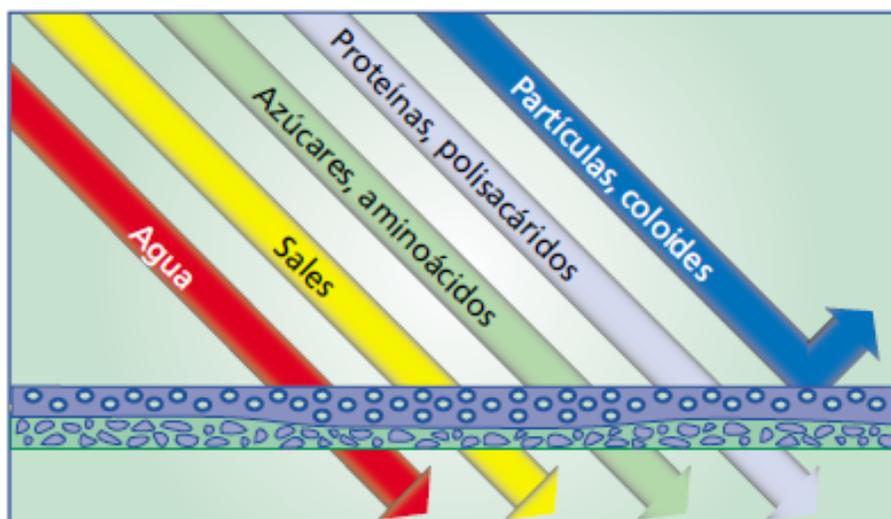


FIGURA 2-4. Microfiltración (MF)



2.2.2 Ultrafiltración (UF).

La Ultrafiltración es una etapa de filtración superior a la Microfiltración, empleando membranas con tamaño de poro entre $0.01 - 0.1 \mu\text{m}$.

Es un paso de separación selectiva usada tanto para concentrar como para purificar compuestos de medio y alto peso molecular como ser proteínas lácteas, carbohidratos y enzimas. Como áreas comunes de aplicación podemos mencionar la concentración de proteínas de suero, de-salinización de gelatinas y concentración y clarificación de jugos frutales. La Ultrafiltración tiene numerosas aplicaciones:

1. Industriales: Clarificación de líquidos y eliminación de bacterias de todo tipo de procesos industriales.
2. Prefiltración: Se emplea como tratamiento previo antes de los sistemas de nanofiltración y ósmosis inversa, prolongando la vida de los mismos.
3. Eliminación de DNAsas, Nucleasas y Endotoxinas: Existen ultra filtros especiales para la eliminación de estas sustancias del agua final producida por sistemas de purificación, cuando sea un requisito para determinadas técnicas experimentales.

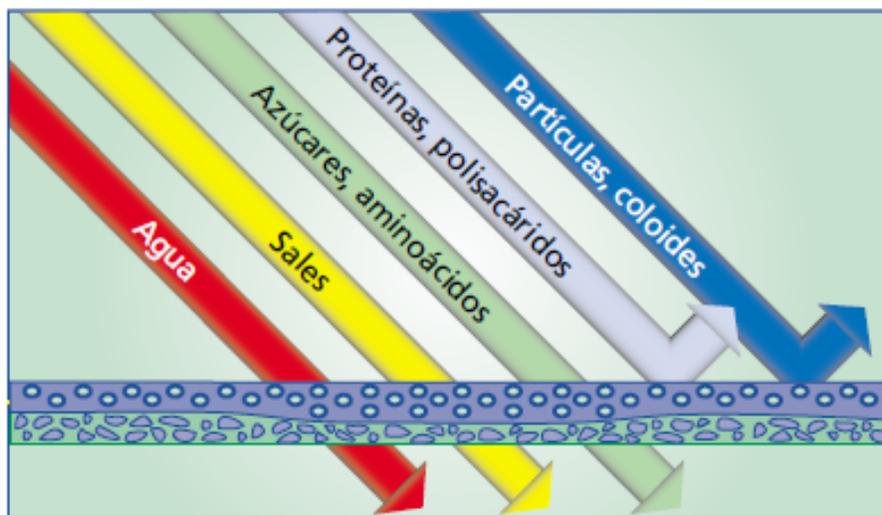


FIGURA 2-5. Ultrafiltración (UF)



2.2.3 Nanofiltración (NF).

Considerada como un proceso único entre la ultrafiltración y la ósmosis inversa, especialmente diseñada para conseguir separaciones específicas de compuestos de bajo peso molecular como azúcares, minerales disueltos y sales. Aplicaciones típicas incluyen de-salinización de productos lácteos, recuperación de proteínas hidrolizadas, concentración de azúcares y purificación de tinturas y pigmentos solubles.

La nanofiltración es una tecnología de membrana de ultra/baja presión con el mismo fundamento que la osmosis inversa y difusión controlada. La diferencia principal es el grado de retención que logran estas membranas, operando en rangos más altos de corte de peso molecular (0,001 – 0,01 mm).

La aplicación de la Nanofiltración es variable. Se puede usar como proceso de ablandamiento en la producción de bebidas hasta el tratamiento de agua de pozo que tiene un nivel de salinidad relativamente bajo.

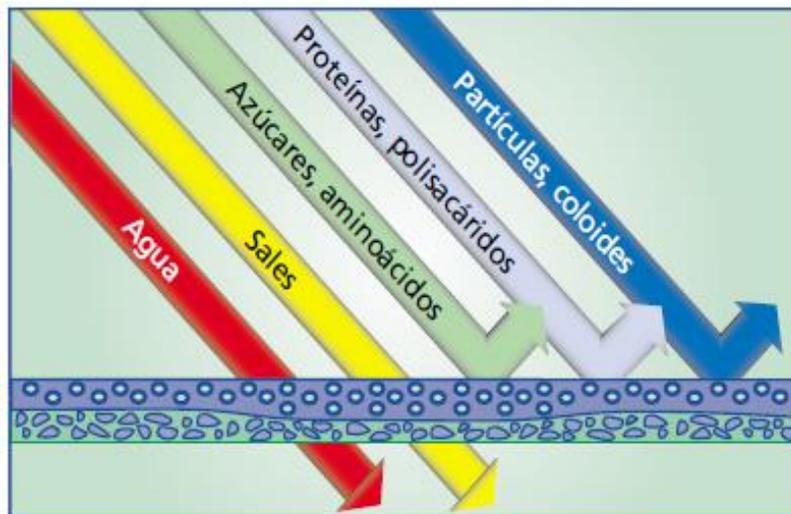


FIGURA 2-6. Nanofiltración (NF)



2.2.4 Ósmosis inversa (OI).

Osmosis: Fenómeno natural en el cual agua pasa a través de una membrana semi-permeable, desde una solución menos concentrada a una solución más concentrada.

Osmosis Inversa: Proceso en el cual se fuerza al agua a pasar a través de una membrana semi-permeable, desde una solución más concentrada a una solución menos concentrada, mediante la aplicación de presión.

Proceso de alta presión altamente utilizado como un método energéticamente eficiente para eliminar sales, concentrar compuestos de bajo peso molecular o purificar efluentes. Como aplicaciones podemos mencionar:

1. Alimentación a calderas:
2. Agua ultra pura.
3. Agua para la industria farmacéutica.
4. Agua para la fabricación de semi-conductores.
5. Desalinización de agua de mar.
6. Recuperación de aguas de desecho.
7. Sistemas de descarga cero.

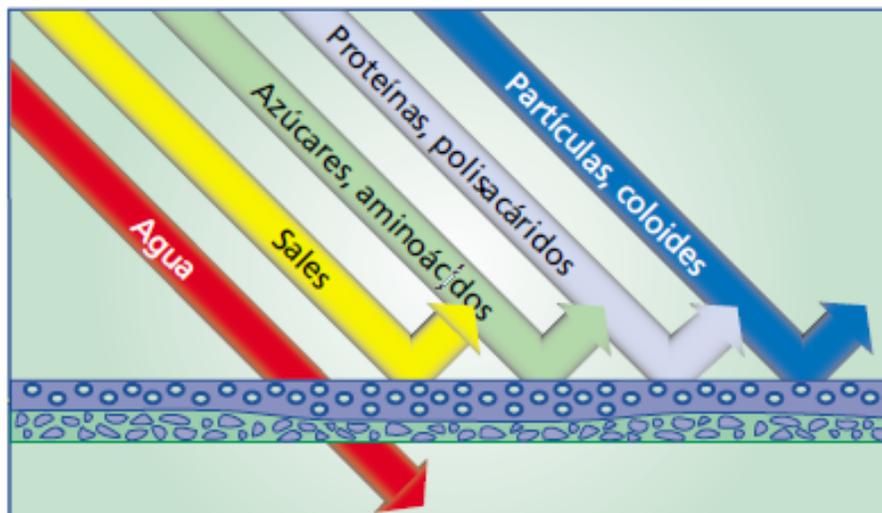
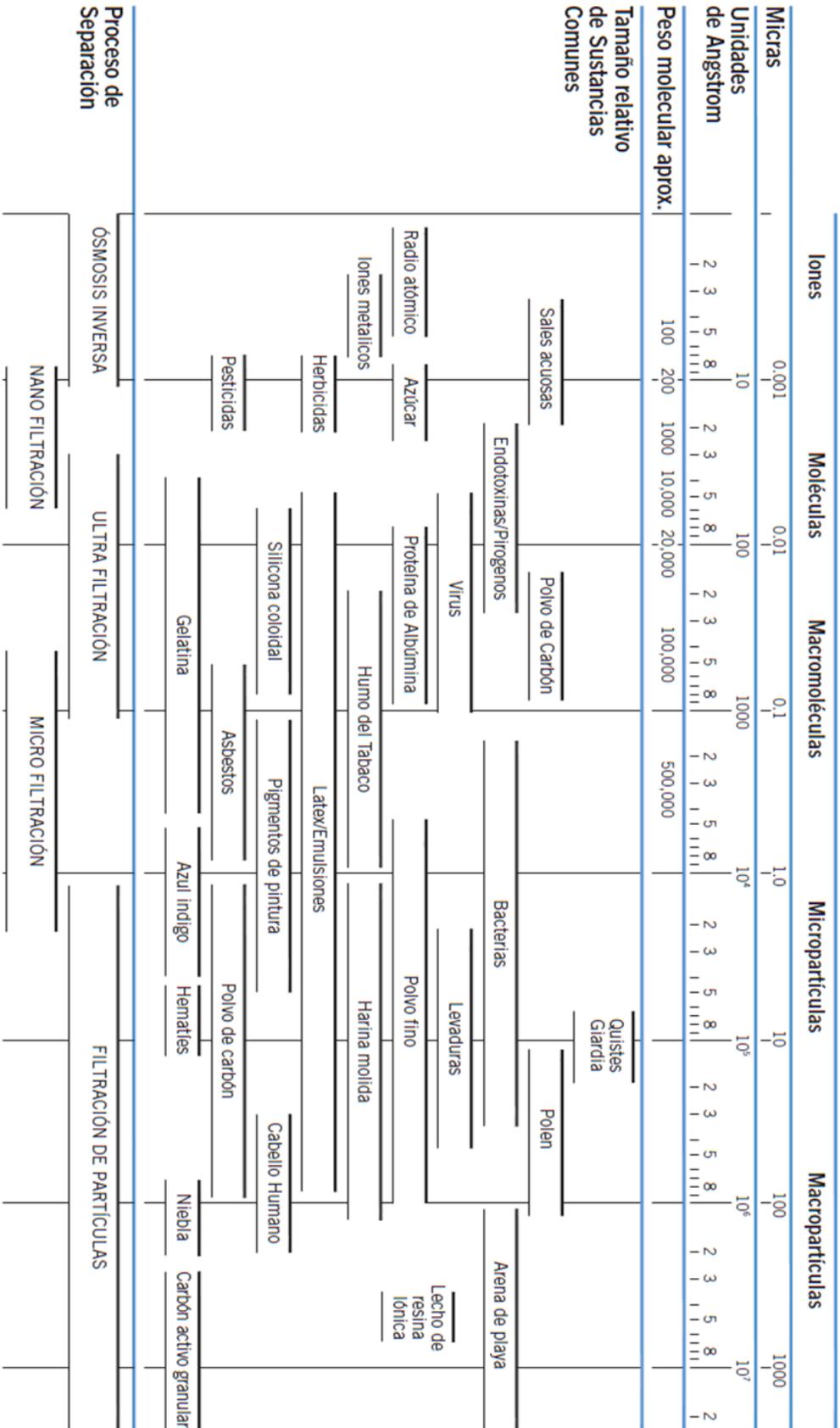


FIGURA 2-7. Osmosis inversa (OI)



EL ESPECTRO DE LA FILTRACIÓN

← ST Microscopio ← Microscopio de electrones ← Microscopio Óptico ← Visible al ojo



1 micra = 1×10^{-6} metros
 1 Angstrom = 1×10^{-10} metros = 1×10^{-4} micras

TABLA 2-2. Espectro de Filtración.



2.3 Ósmosis inversa.

El fenómeno de ósmosis ocurre cuando, a través de una membrana semipermeable, el agua fluye desde la solución de menor salinidad hasta otra de mayor concentración salina. Es un fenómeno que tiene lugar en diversos procesos naturales como, por ejemplo, en la entrada de agua a través de la membrana celular de los seres vivos. Según una regla fundamental de la naturaleza, este sistema intentará alcanzar el equilibrio, es decir, intentará alcanzar la misma concentración a ambos lados de la membrana. El flujo de agua desde la solución más diluida hacia la más concentrada se detendrá cuando se alcance un equilibrio entre ambas concentraciones. La fuerza que provoca ese movimiento se conoce como presión osmótica y está relacionada con la concentración de sales en el interior de ambas soluciones.

La ósmosis inversa consiste en invertir este proceso aplicando una presión superior a la presión osmótica correspondiente, en el lado de la solución más concentrada. Con esto se consigue que la dirección del flujo del agua vaya del lado de la solución más concentrada a la solución más diluida

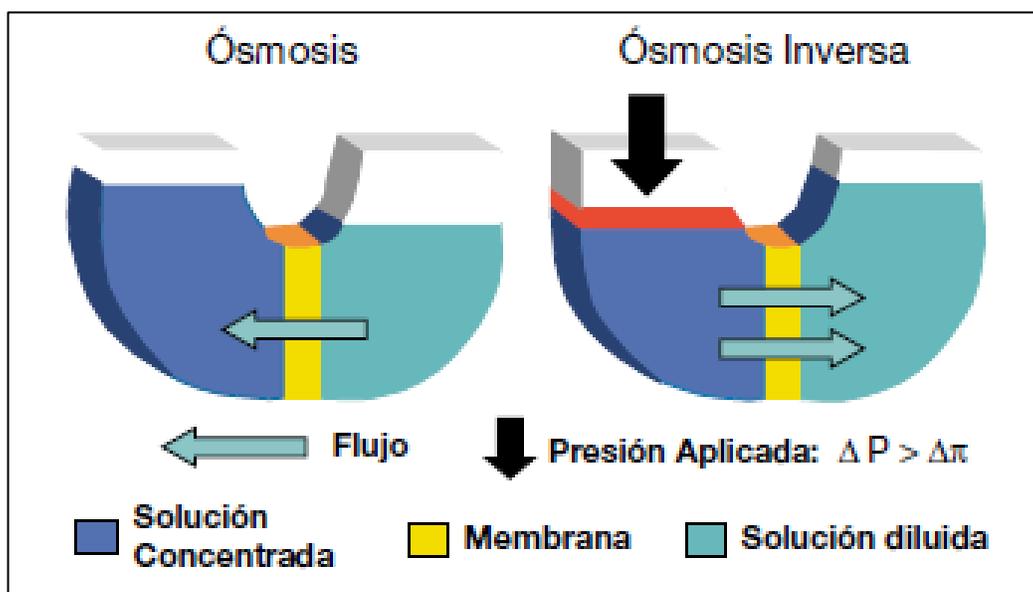


FIGURA 2-8. Fenómenos de ósmosis natural y ósmosis inversa.



2.3.1 Configuración de membrana de ósmosis inversa.

La membrana de ósmosis inversa está estructurada y empaquetada cuidadosamente para su integración en las unidades de proceso. Tanto el soporte como el empaquetado tienen como objetivo maximizar el flujo de agua a través de la membrana, minimizando el paso de sales.

Asimismo, el empaquetado debe reducir las pérdidas de carga, así como evitar en lo posible lo que se conoce como «polarización por concentración», que se deriva de la acumulación de sales sobre la superficie de la membrana. Otro factor que se tiene en cuenta en el diseño mecánico, es el paso con suficiente libertad de coloides o partículas, de modo que se reduzcan en lo posible los ensuciamientos de la membrana que a la postre podrían provocar bajos flujos y alto paso de sal.

Comercialmente se consideran cuatro configuraciones básicas:

- Plato y Marco.
- Tubular.
- Fibra hueca.
- Arrollamiento en espiral.



FIGURA 2-9. Interior de una planta desaladora con osmosis inversa.



En resumen, el uso de ósmosis inversa parte de la necesidad de obtener agua de proceso libre de sales y minerales para sus diversas aplicaciones industriales. Para ello forzosamente requiere de un pos tratamiento debidamente mencionados para un óptimo desempeño y adecuado uso.

PRETRATAMIENTO	OSMOSIS INVERSA	POST TRATAMIENTO	
Membranas			Químicos
Microfiltración			Ajuste de pH Electro-desionización
Ultrafiltración			
Filtración			
Lechos mixtos			
Cartuchos			Otros
Carbón activado			
Químicos			Desgasificación Ozonización
Anti-incrustante			
Dispersante			
Suavización con cal			
Ajuste de pH			
Cloración			
Otros			
Intercambio de calor			
Desgasificadores			
U.V.			

TABLA 2-3. Pre/post-tratamiento ósmosis inversa.



2.3.2. Consideraciones del pre tratamiento:

- Cada caso requiere un tratamiento específico.
- Puede ser tan costoso como el sistema de O.I.
- Para su buen diseño, es necesaria una serie de análisis del agua de alimentación representativa.
- En caso de duda, es conveniente el uso de un piloto industrial.
- Tipo de membrana (acetato o poliamida).
- Calidad del agua de alimentación (origen y variabilidad).
- Tasa de recuperación y velocidad del flujo.
- Calidad deseada y uso final del producto.



FIGURA 2-10. Diseño de una planta de sistema de ósmosis inversa sanitaria para una aplicación farmacéutica.



2.4 Diseño de ósmosis inversa.

Un sistema de ósmosis inversa simplificado está formado por una o varias bombas que alimentan el agua procedente del pre tratamiento, al bastidor donde se encuentran las cajas de presión que alojan las membranas y un conjunto de tuberías que constituyen la línea de evacuación del concentrado y la línea de permeado para su pos tratamiento.



FIGURA 2-11. Aspecto de un conjunto de membranas para el tratamiento de agua por ósmosis inversa.

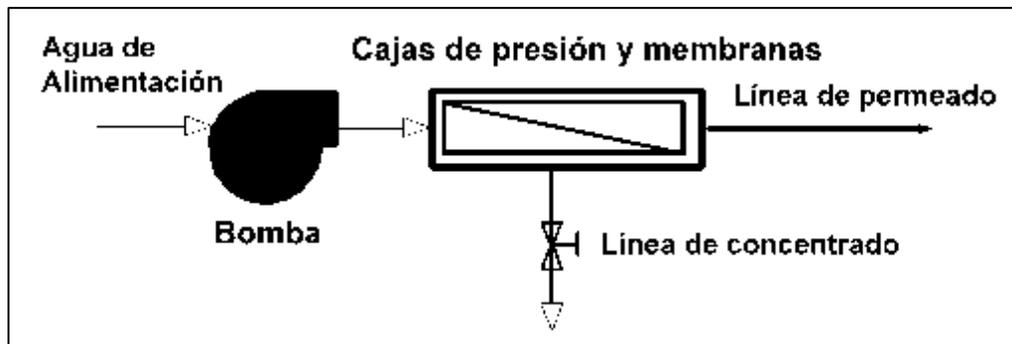


FIGURA 2-12. Esquema básico de un sistema de membranas.



- **Diseño de una etapa:**

La capacidad de una planta por ósmosis inversa viene determinada por la cantidad de cajas de presión instaladas en paralelo siguiendo el esquema el siguiente.

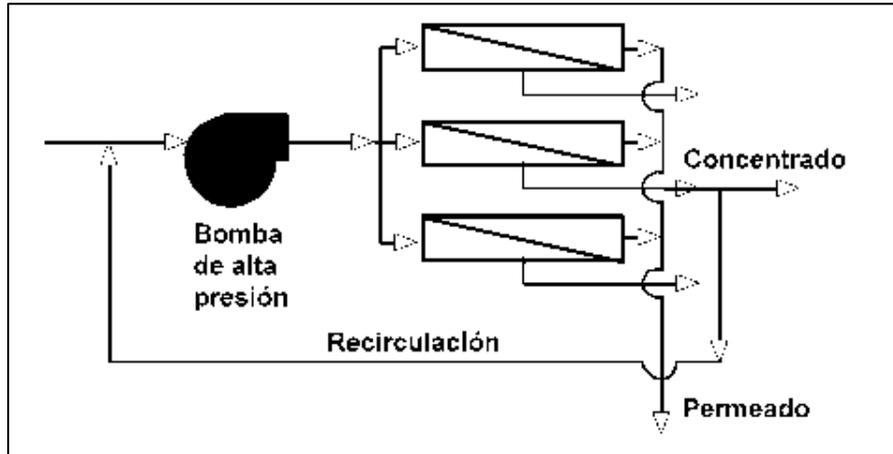


FIGURA 2-13. Diseño de sistema de ósmosis inversa de una etapa.

- **Diseño de 2 etapas:**

Para incrementar el factor de conversión de un sistema es posible hacer recircular parte del concentrado de nuevo a la alimentación. Esta práctica es posible en instalaciones de agua salobre pero no en las de agua de mar. Es posible ampliar el factor de conversión de un sistema aumentando su longitud y volviendo hacer pasar a la salmuera por otro sistema de ósmosis inversa adicional.

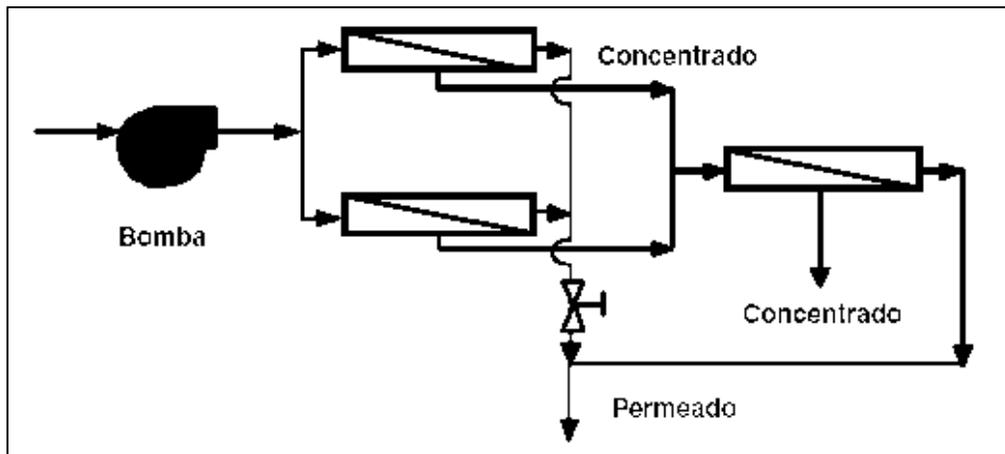


FIGURA 2-14. Diseño de sistema de ósmosis inversa de 2 etapas.



En los sistemas de dos etapas, frecuentemente se regula la presión de permeado entre la primera y la segunda etapa incrementando la presión en la primera etapa, de ese modo también se aumenta, aunque de forma indirecta, la presión sobre la segunda etapa, pudiéndose equilibrar de ese modo la producción nominal de las membranas de ambas etapas.

Con esta actuación se evitan los frecuentes problemas de desequilibrio en la producción de agua por unidad de superficie de membrana instalada.

- **Diseño de 3 etapas:**

En algunos casos, sobre todo en agua salobre, puede ser necesario el diseño de sistemas de tres etapas para obtener los máximos valores de conversión.

La presión osmótica va creciendo a lo largo del sistema conforme la salinidad va aumentando. Normalmente, la presión osmótica del concentrado de la segunda etapa es ya tan alta que se hace imprescindible la instalación de otra bomba a la entrada de la tercera etapa.

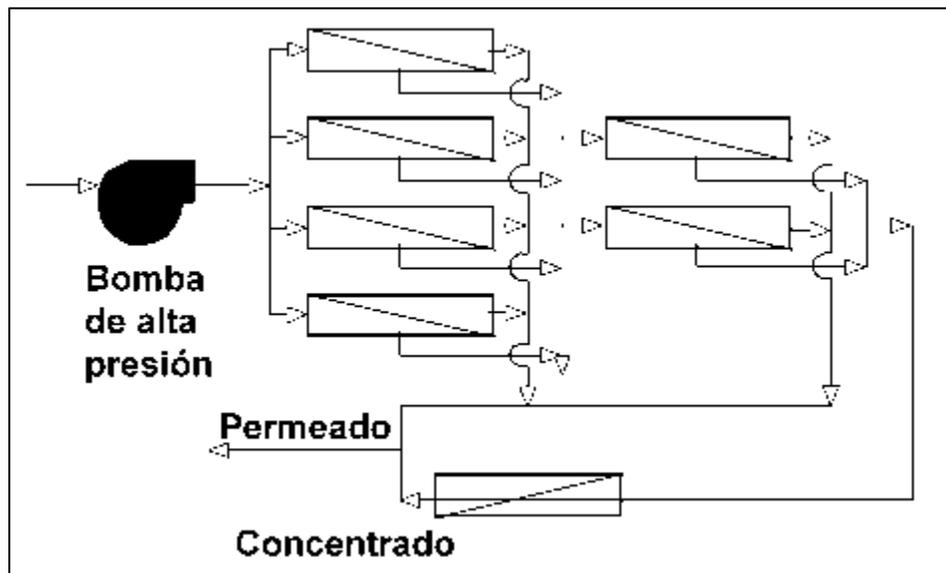


FIGURA 2-15. Diseño de sistema de ósmosis inversa de 3 etapas.



El agua a la salida de las membranas contiene una cierta cantidad de sales, ya que el rechazo de las membranas de OI nunca es del 100%. Por tanto, el agua desalada producto tiene una concentración diferente, dependiendo de la concentración del agua inicial, del factor de concentración de la salmuera, de la temperatura del agua, del tipo de membrana y del diseño realizado.

Si se trabaja con agua de mar, la concentración de sales del permeado suele estar entre 200 y 300 mg/L y, si se quiere reducir este contenido salino, es necesario aplicar otra etapa de OI dando lugar a un diseño de plantas de dos pasos.

El producto procedente del primer paso normalmente es sometido a un aumento de la presión mediante una bomba, llegando hasta unos 6 u 8 bares, y se introduce en unas membranas de OI de las empleadas con agua salobre. El producto de este segundo paso tendría un contenido en sales inferior a 10 mg/L.

El factor de concentración de esta segunda etapa suele ser muy alto, del orden de ocho veces la inicial. El agua de rechazo del segundo paso se une al agua bruta de alimentación del primer paso.

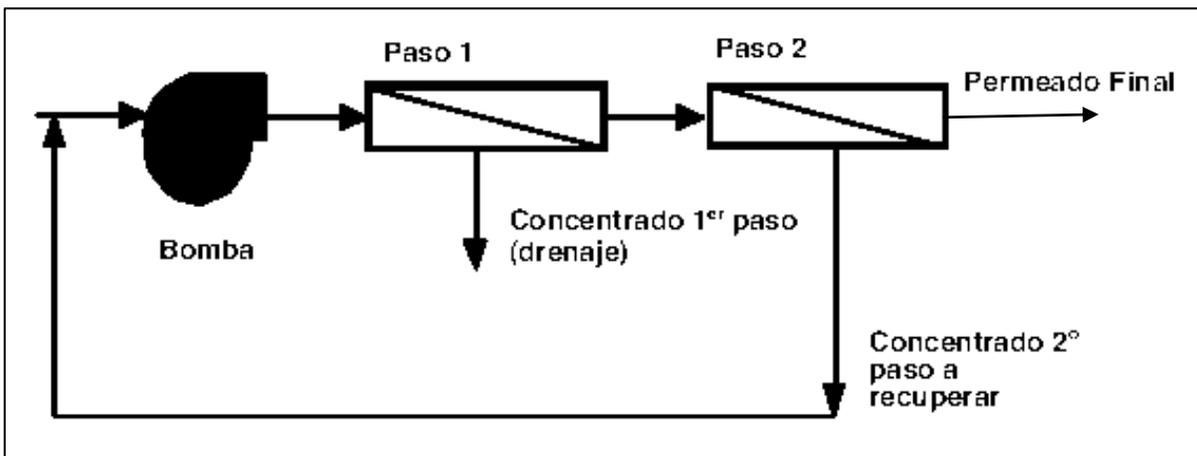


FIGURA 2-16. Diseño de plantas de 2 pasos.



3. INGENIERÍA DE MATERIALES

La ingeniería de detalle para el ensamble del sistema de ósmosis inversa nos lleva a remontar el acero inoxidable 316 dadas sus buenas propiedades de soldabilidad y sus propiedades químicas que la hacen adecuada para su función de desalinizar el agua de proceso para su aplicación.

Para esto se requieren varios elementos (mecánicos, eléctricos, instrumentación) que ofrecen un óptimo desempeño.

Para un rendimiento satisfactorio de los materiales y productos, los diseños del sistema e instalación se deben de basar en conexiones hechas de manera adecuada. Una unión inadecuada o hecha en campo sin cuidado puede causar retrasos en la instalación, provocar fallas en los sistemas de operación o puede crear condiciones de peligro.

3.1 Disciplina de tuberías.

Los códigos para diversos servicios de tuberías han sido desarrollados por sociedades de ingeniería reconocidas a nivel nacional, organismos de normalización y asociaciones comerciales. Las prácticas de ingeniería son incorporadas en estos códigos que generalmente cubren requisitos mínimos de seguridad para la selección de materiales, dimensiones, diseño, fabricación, montaje y prueba de sistemas de tuberías.

Mediante la interpretación y la revisión, estos códigos reflejan continuamente los conocimientos adquiridos a través de la experiencia, las pruebas y la investigación.

Se advierte que estas normas siempre están en constante cambio de acuerdo al año de publicación por lo que se sugiere reconocer la última edición de la norma con la que se esté trabajando y familiarizarse con los códigos específicos y consideraciones adicionales para un proyecto en particular.



a) ASME B31

El Código ASME B31 para tuberías a presión consiste en un número de secciones publicadas individualmente. Las reglas para cada sección reflejan los tipos de instalaciones de tuberías consideradas durante su desarrollo, de la siguiente manera:

- B31.1 Tuberías de potencia: tuberías que se encuentran comúnmente en las estaciones de generación de energía eléctrica, en plantas industriales e institucionales, sistemas de calentamiento geotérmico y en sistemas de calentamiento y de enfriamiento, tanto central como por distrito.
- B31.3 Tuberías de proceso: se encuentran típicamente en las refinerías de petróleo, en plantas químicas, farmacéuticas, papeleras, de semiconductores y criogénicas, y en plantas y terminales relacionados con el procesamiento.
- B31.4 Sistemas de tuberías para transporte de hidrocarburos líquidos y otros líquidos: tuberías para el transporte de productos, predominantemente líquidos, entre plantas y terminales, y tuberías ubicadas dentro de terminales, estaciones de bombeo, y estaciones para regulación y medición.
- B31.5 Tuberías para refrigeración: tuberías para transportar refrigerantes y enfriadores secundarios.
- B31.8 Sistemas de tubería para transporte y distribución de gas: tuberías que transportan productos, principalmente en fase gaseosa, entre fuentes y terminales, incluidas estaciones de compresión, y estaciones reguladoras y de medición, y tuberías de recolección de gas.
- B31.9 Tuberías para servicios de edificios: tuberías que se encuentran típicamente en edificios industriales, institucionales, comerciales y públicos, y en residencias multihabitacionales, las cuales no están cubiertas por el intervalo de tamaños y valores de presión y temperatura cubiertos en B31.1.

En este escrito se hablará principalmente de una tubería de proceso dada por el ASME B31.3.



3.1.1 Tubería.

El término tubería generalmente se aplica ampliamente a tuberías, accesorios, válvulas y otros componentes que transportan líquidos, gases, lodos, etc. La palabra tubo se aplica generalmente a productos tubulares que se utilizan en calderas, intercambiadores de calor, instrumentación, aeronaves, automóviles y otras industrias relacionadas. Los materiales comúnmente usados para la fabricación de tubería son:

- Acero al carbono: El más común.

- Aleaciones:
 1. Aceros inoxidables.
 2. Cromo.
 3. Aluminio
 4. Níquel.

- No metálica:
 1. PVC.
 2. CPVC.



FIGURA 3-1. Distintos tipos de tuberías.



En el entorno Industria el tamaño (diámetro) de la tubería se identifica por:

- Diámetro Nominal NPS (Nominal pipe size): Se refiere llamar a la tubería por un único nombre esto de acuerdo al tamaño del mismo.
Ejemplo: 2", 3", 4", 6", etc.
- Diámetro exterior real: Como su nombre lo indica, hace referencia a la dimensión real exterior de la tubería.

Diametro nominal	Díámetro externo
1"	1 5/16"
2"	2 3/8"
3"	3 1/2"
4"	4 1/2"
12"	12 3/4"
14"	14"

TABLA 3-1. Comparación del diámetro nominal y externo de una tubería.

Para soportar diferentes presiones la tubería de un diámetro "x" puede ser presentada con diversos grosores a los que se le llama Cédula que hace referencia al espesor de pared.

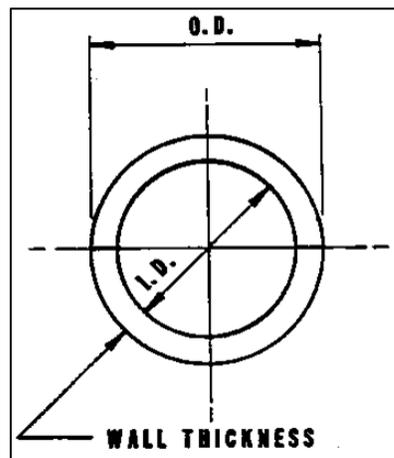


FIGURA 3-2. Dimensiones principales de la tubería.



Importante recordar:

El diámetro exterior de una tubería siempre es constante de acuerdo a la norma ANSI/ASME B36.10.

El diámetro interno es de valor variable dependiente de la cédula que se aplique.

En tuberías de 14" y mayores el Diámetro nominal es igual al diámetro exterior.

Ejemplo:

Ø Nominal	Cédula	Espesor de pared	Ø Externo	Ø Interno
8"	STD	0.322	8.625	7.981
8"	SCH. 80	0.5	8.625	7.625
8"	SCH. 120	0.719	8.625	7.187
8"	XX STRONG	0.875	8.625	6.875

TABLA 3-2. Ejemplo de tubería de 8" con diferentes tipos de cédula.

Por cada tamaño de tubería se creó una gama con tres espesores (cedulas) distintos, estos son llamados espesores de manufactura y aun se utilizan:

- STD o Espesor normal (STANDARD WEIGHT)
- XS o Espesor grueso (EXTRA STRONG)
- XXS o Espesor doble grueso (DOUBLE EXTRA STRONG)

El cálculo del diámetro interno de la tubería es uno de los tantos datos importantes para el departamento de ingeniería de proceso, quien se encarga de determinar las presiones, caudales y temperaturas de operación de los diferentes fluidos, por lo que tener presente los datos de diámetros contribuyen a obtener un resultado exacto.

Hay dos principales normas que se aplican a las dimensiones de la tubería:

- ANSI / ASME B36.10
Esta norma se aplica a tubos con costura y sin costura de acero forjado.
- ANSI / ASME B36.19
Esta norma se aplica a tubos con costura y sin costura de acero inoxidable.



Existen 3 tipos de fabricación/manufactura de tubería:

- Tubería rolada y soldada/costura longitudinal (Rolled & Welded Pipe)

La tubería con Costura se fabrica a partir de placas de acero, en un proceso continuo, esta es doblada gradualmente por una serie de rodillos laterales hasta darle su forma cilíndrica y en la que los bordes de esta placa quedan empatados.

Estos bordes a tope, se unen mediante un proceso de soldadura continua, cuya calidad es controlada automáticamente. La tubería ya soldada es sometida a una eliminación del exceso de soldadura tanto en el exterior como en el interior y sometida a tratamiento térmico, decapado, acabado de superficie y pruebas sujetas a la Norma correspondiente, para obtener un producto de primera calidad para el uso requerido en los diferentes mercados de la tubería.

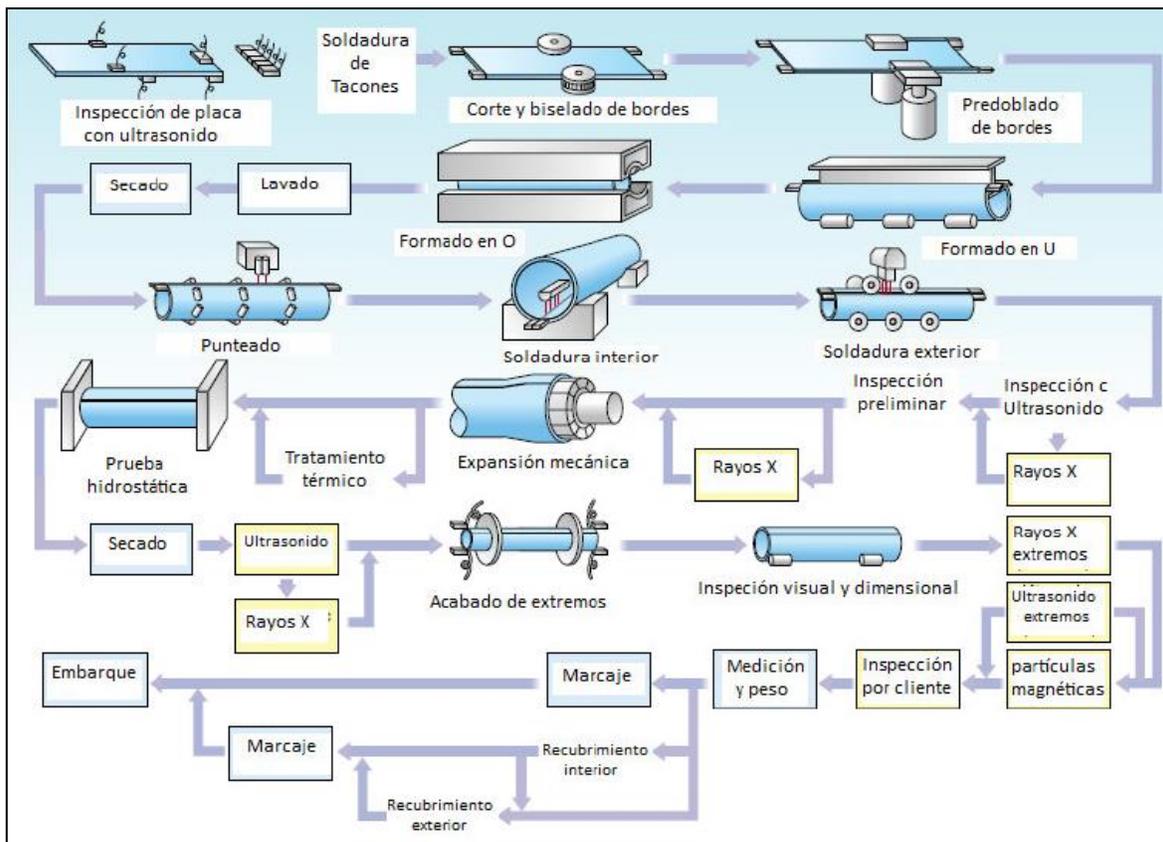


FIGURA 3-3. Proceso de fabricación de tubería rolada y soldada (tubería con costura).



- Tubería sin costura/Extrusión (Seamless Pipe)

Este tipo de fabricación de tubería es la más comercial a nivel mundial. El método de fabricación permite un concentrado de esfuerzos uniformes en todas las paredes internas de la tubería por lo que hace más confiable en sus diversas aplicaciones.

En este proceso se reduce el diámetro interno y/o espesor del tubo con el uso de mandriles interno o sin él. Para tuberías de diámetro pequeño se puede utilizar alambre de alta resistencia como mandril. El resultado un billet de acero que le da su acabado final y define su diámetro. Es importante mencionar que el diámetro de tubería depende del fabricante y que es difícil conseguir tuberías sin costuras mayores de 24" ya que el costo se elevaría considerablemente, como solución alternativa es utilizar tubería helicoidal ya mencionado anteriormente.

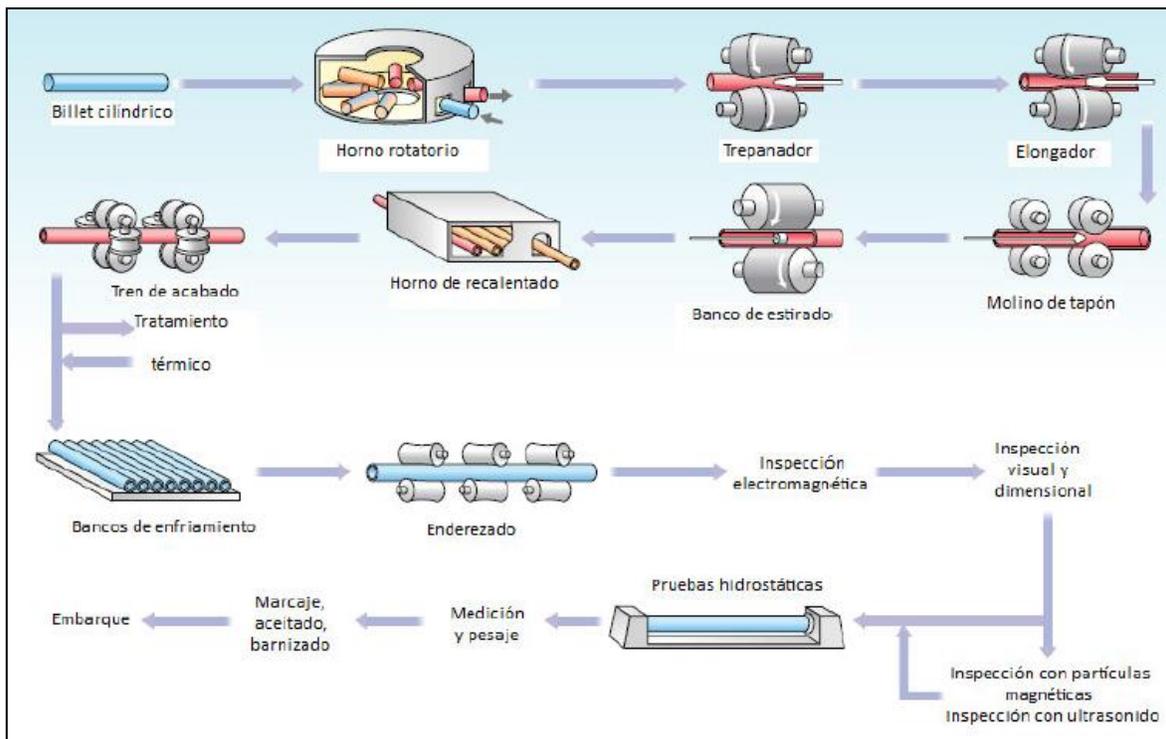


FIGURA 3-4. Proceso de fabricación de tubería sin costura.



- Tubería de soldadura en espiral/helicoidal (Spiral Welded Pipe).

Este tipo de fabricación esta aceptada y aprobada por la API según la norma 5L “specification for line pipe” sin ningún tipo de limitaciones para uso en tuberías para transportar gas, petróleo y agua. Este tipo de fabricación es común en diámetros de tuberías mayores a 24” ya que con algún otro tipo de fabricación/manufactura se elevan los costos y no es rentable para su uso.

Las bobinas de acero son desenrolladas y enderezadas por la máquina para fabricación de soldado de tubos en espiral. Luego se envían a la máquina formadora en un determinado ángulo. El soldado en espiral continua se lleva a cabo por la máquina para fabricación de soldado con arco sumergido.

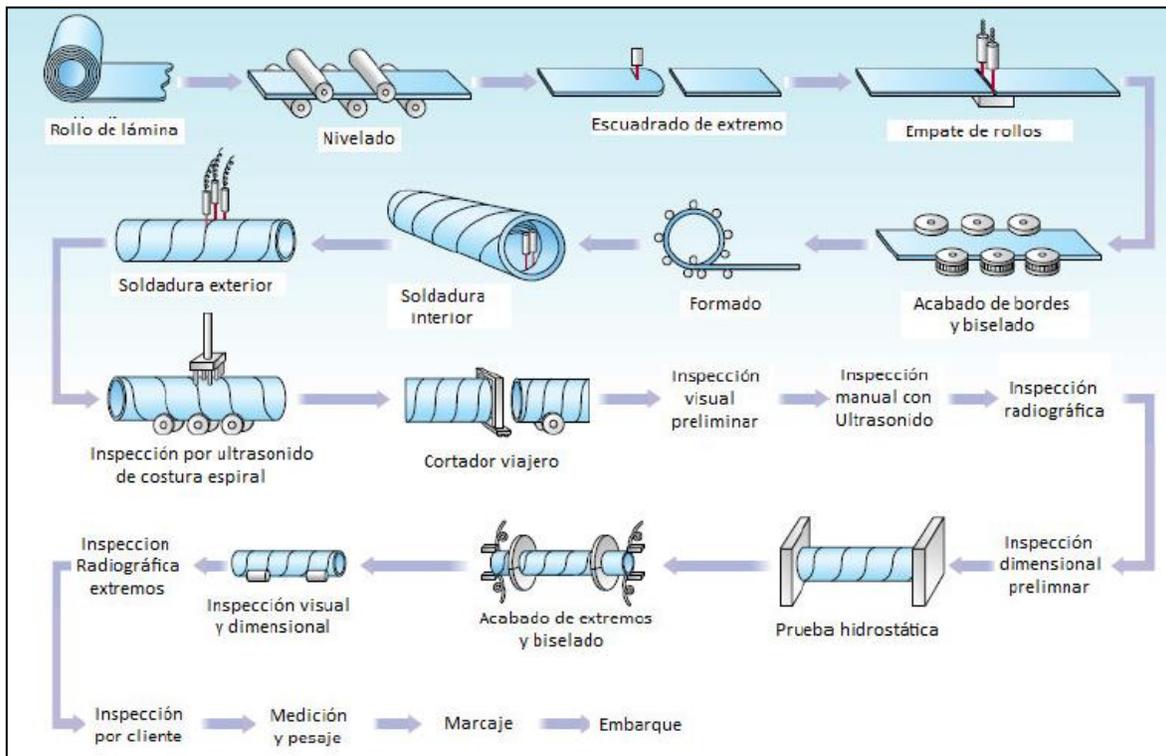


FIGURA 3-5. Proceso de fabricación de tubería con costura en espiral.



3.1.2 Accesorios Soldables a tope (Buttweld Fittings).

a) Codos (Elbow)

Es el accesorio comúnmente más utilizado, están biselados en los extremos para una soldadura a tope. Es utilizado para realizar un cambio de dirección en 45° o 90°.

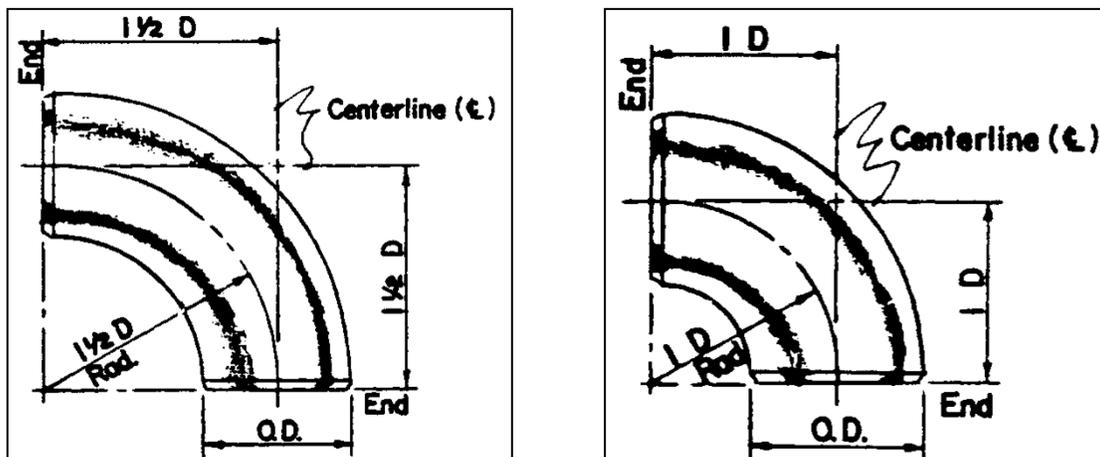
Existen diferentes tipos básicos:

- Codo 90° Radio Largo:

La longitud del radio es igual a 1.5 veces el diámetro nominal del accesorio. De igual manera la distancia horizontal o perpendicular a partir del centro de línea a uno de sus extremos biselados corresponde a esta relación. (Dimensiones TABLA 4-3).

- Codo 90° Radio Corto:

La longitud del radio es igual al diámetro nominal del accesorio. De igual manera la distancia horizontal o perpendicular a partir del centro de línea a uno de sus extremos biselados corresponde a esta relación. (Dimensiones TABLA 4-4).



Codo 90° Radio largo.

Codo 90° Radio corto.

FIGURA 3-6. Representación de dimensioe de codos de 90°.



- Codo 45°

La longitud del radio es igual a 1.5 veces el diámetro nominal del accesorio. Para la dimensión * consultar la norma ANSI B16.9 Butt Weld Fittings.

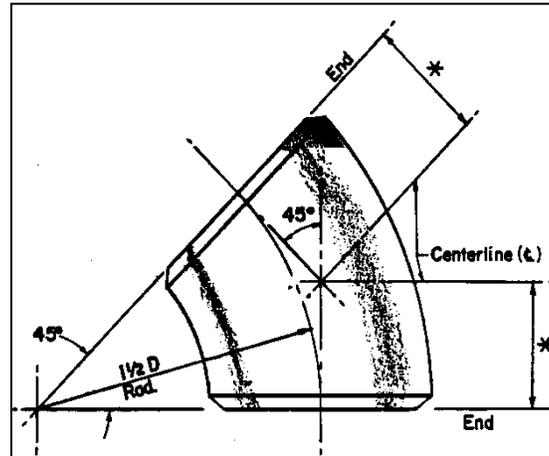


FIGURA 3-7. Representación de dimensiones de codo 45°.

- Codo Mitrado:

Los codos mitrados se utilizan para disminuir los costos de codos de gran tamaño (36" en adelante). El codo está fabricado por tubo que puede estar compuesto por 2 o 3 soldaduras como máximo. Usar solamente el codo mitrado de 3 soldaduras cuando sea requerido por las limitaciones de espacio o cuando sea requerido por ingeniería de proceso en condiciones de flujo.

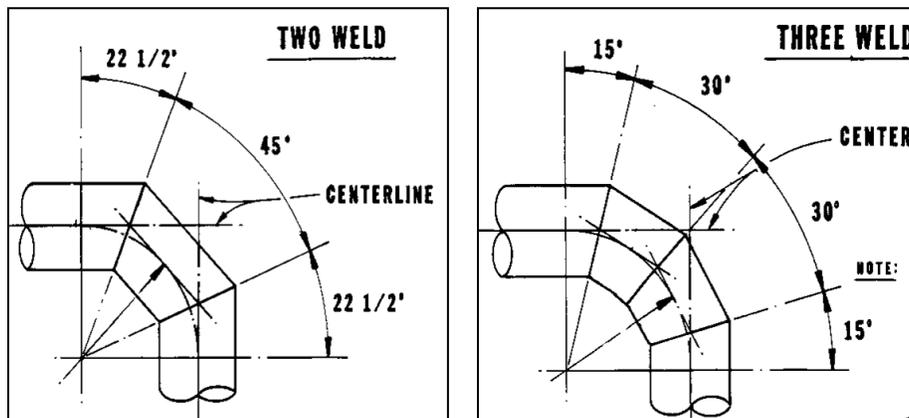
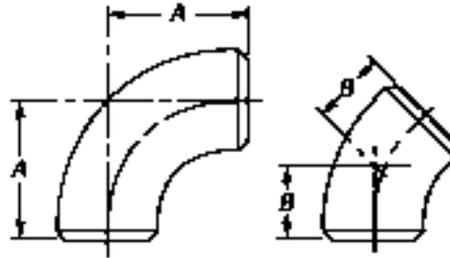
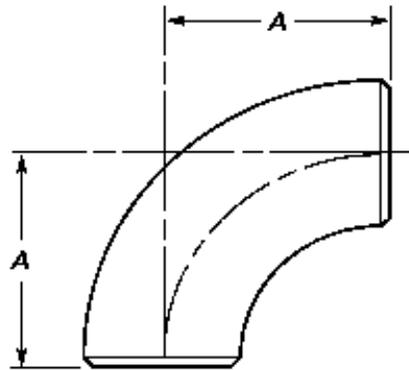


FIGURA 3-8. Representación de codo mitrado con 2 y 3 soldaduras respectivamente.



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-End	
		90-deg Elbows, A	45-deg Elbows, B
1/2	0.84	1.50	0.62
3/4	1.05	1.50	0.75
1	1.32	1.50	0.88
1 1/4	1.66	1.88	1.00
1 1/2	1.90	2.25	1.12
2	2.38	3.00	1.38
2 1/2	2.88	3.75	1.75
3	3.50	4.50	2.00
3 1/2	4.00	5.25	2.25
4	4.50	6.00	2.50
5	5.56	7.50	3.12
6	6.62	9.00	3.75
8	8.62	12.00	5.00
10	10.75	15.00	6.25
12	12.75	18.00	7.50
14	14.00	21.00	8.75
16	16.00	24.00	10.00
18	18.00	27.00	11.25
20	20.00	30.00	12.50
22	22.00	33.00	13.50
24	24.00	36.00	15.00
26	26.00	39.00	16.00
28	28.00	42.00	17.25
30	30.00	45.00	18.50
32	32.00	48.00	19.75
34	34.00	51.00	21.00
36	36.00	54.00	22.25
38	38.00	57.00	23.62
40	40.00	60.00	24.88
42	42.00	63.00	26.00
44	44.00	66.00	27.38
46	46.00	69.00	28.62
48	48.00	72.00	29.88

TABLA 3-5. Dimensiones de codo de radio largo. Verificar ASME B16.9 para mayor detalle. (pulgadas).



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-End, A
1	1.32	1.00
1 ¹ / ₄	1.66	1.25
1 ¹ / ₂	1.90	1.50
2	2.38	2.00
2 ¹ / ₂	2.88	2.50
3	3.50	3.00
3 ¹ / ₂	4.00	3.50
4	4.50	4.00
5	5.56	5.00
6	6.62	6.00
8	8.62	8.00
10	10.75	10.00
12	12.75	12.00
14	14.00	14.00
16	16.00	16.00
18	18.00	18.00
20	20.00	20.00
22	22.00	22.00
24	24.00	24.00

TABLA 3-6. Dimensiones de codo de radio corto. Verificar ASME B16.9 para mayor detalle. (pulgadas).



b) Tee.

Accesorio que ofrece 3 vías en forma de montaje de “T” biselado en los extremos para una soldadura a tope. Utilizado para la bifurcación de un ramal perpendicular a partir del cabezal dado por el tramo recto de la tubería. Requiere de 3 soldaduras para poder instalar este accesorio. Existen 2 tipos básicos:

- Tee recta.

Las 3 aperturas son del mismo tamaño. Las dimensiones deben ser consultadas en el ASME B16.9

- Tee reducción

La conexión del ramal es menor que la del cabezal. Las dimensiones deben ser consultadas en el ASME B16.9.

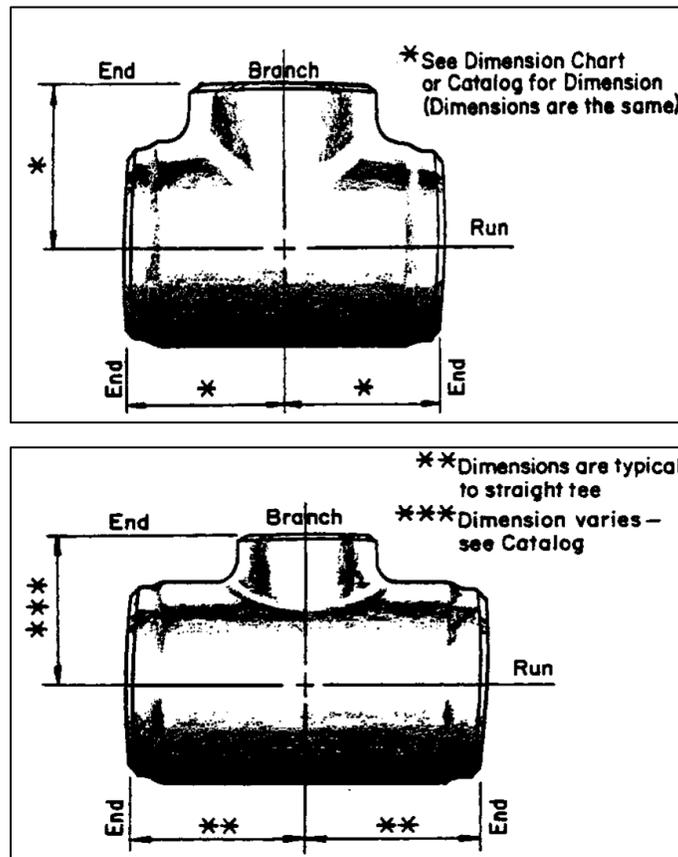
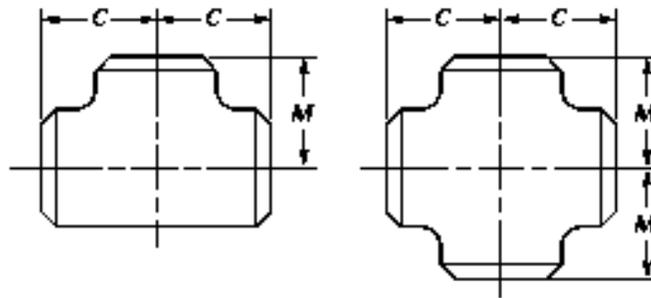


FIGURA 3-9. Representación de dimensiones de tee y tee reducción respectivamente.



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-End	
		Run, C	Outlet, M (Notes (1) and (2))
1/2	0.84	1.00	1.00
3/4	1.05	1.12	1.12
1	1.32	1.50	1.50
1 1/4	1.66	1.88	1.88
1 1/2	1.90	2.25	2.25
2	2.38	2.50	2.50
2 1/2	2.88	3.00	3.00
3	3.50	3.38	3.38
3 1/2	4.00	3.75	3.75
4	4.50	4.12	4.12
5	5.56	4.88	4.88
6	6.62	5.62	5.62
8	8.62	7.00	7.00
10	10.75	8.50	8.50
12	12.75	10.00	10.00
14	14.00	11.00	11.00
16	16.00	12.00	12.00
18	18.00	13.50	13.50
20	20.00	15.00	15.00
22	22.00	16.50	16.50
24	24.00	17.00	17.00
26	26.00	19.50	19.50
28	28.00	20.50	20.50
30	30.00	22.00	22.00
32	32.00	23.50	23.50
34	34.00	25.00	25.00
36	36.00	26.50	26.50
38	38.00	28.00	28.00
40	40.00	29.50	29.50
42	42.00	30.00	28.00
44	44.00	32.00	30.00
46	46.00	33.50	31.50
48	48.00	35.00	33.00

TABLA 3-7. Dimensiones de tee recta. Verificar ASME B16.9 para mayor detalle.
(pulgadas).



Nominal Pipe Size	Run	Branch
	C	M
4x4x3	4 1/8"	3 7/8"
6x6x3	5 5/8"	4 7/8"
6x6x4	5 5/8"	5 1/8"
8x8x4	7"	6 1/8"
8x8x6	7"	6 5/8"
10x10x4	8 1/2"	7 1/2"
10x10x6	8 1/2"	7 5/8"
10x10x8	8 1/2"	8"
12x12x6	10"	8 5/8"
12x12x8	10"	9"
12x12x10	10"	9 1/2"
14x14x6	11"	9 3/8"
14x14x8	11"	9 3/4"
14x14x10	11"	10 1/8"
14x14x12	11"	10 5/8"
16x16x6	12"	10 3/8"
16x16x8	12"	10 3/4"
16x16x10	12"	11 1/8"
16x16x12	12"	11 5/8"
16x16x14	12"	12"
18x18x8	13 1/2"	11 3/4"
18x18x10	13 1/2"	12 1/8"
18x18x12	13 1/2"	12 5/8"
18x18x14	13 1/2"	13"
18x18x16	13 1/2"	13"
20x20x8	15"	12 3/4"
20x20x10	15"	13 1/8"
20x20x12	15"	13 5/8"
20x20x14	15"	14"
20x20x16	15"	14"
20x20x18	15"	14 1/2"
24x24x10	17"	15 1/8"
24x24x12	17"	15 5/8"
24x24x14	17"	16"
24x24x16	17"	16"
24X24X18	17"	16 1/2"
24X24X20	17"	17"

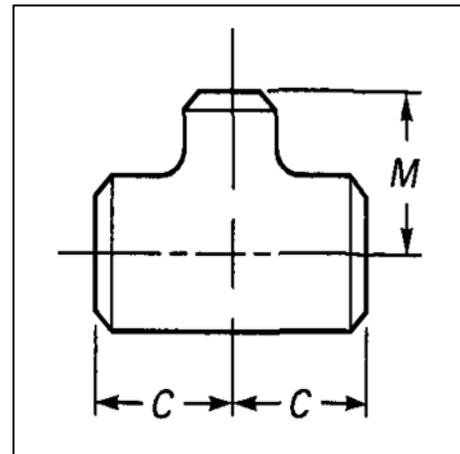


TABLA 3-8. Dimensiones de principales tee reducción. Verificar ASME B16.9 para mayor detalle. (pulgadas).



c) Reducciones

Accesorio utilizado para realizar una reducción sobre la misma línea. Existen 2 tipos:

- Concéntrica

Usualmente utilizado cuando se requiere un centro de línea en común (Centerline).

Las dimensiones deben ser consultadas en el ASME B16.9

- Excéntrica

Usualmente utilizado cuando se requiere un lecho inferior de la tubería en común (Bottom of pipe).

Las dimensiones deben ser consultadas en el ASME B16.9. La dimensión OFFSET (*) que se presenta en las reducciones excéntricas se puede calcular de la siguiente manera:

La mitad de la diferencia de los diámetros exteriores de la reducción.

Ejemplo: Reducción excéntrica 12"x6"

Diámetro nominal	Diámetro exterior
12"	12 3/4"
6"	6 5/8"

Diferencia = 6 1/8"

OFFSET = (1/2) (6 1/8") = 3 1/16"

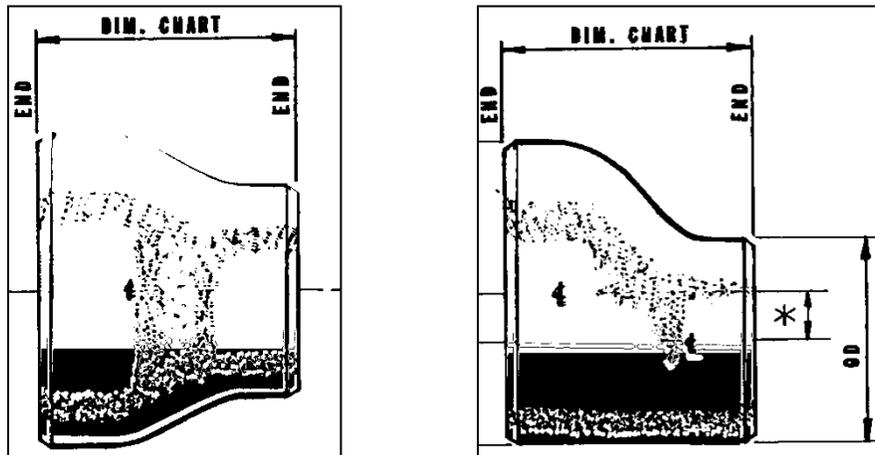


FIGURA 3-10. Representación de dimensiones de reducción concéntrica y excéntrica respectivamente.



Nominal pipe size (NPS)	End to end (H)
3x2	3.5
4x3	4.0
4x2	4.0
6x4	5.5
6x3	5.5
8x6	6.0
8x4	6.0
10x8	7.0
10x6	7.0
12x10	8.0
12x8	8.0
12x6	8.0
14x12	13.0
14x10	13.0
14x8	13.0
16x14	14.0
16x12	14.0
16x8	14.0
18x16	15.0
18x14	15.0
18x12	15.0
18x10	15.0
20x18	20.0
20x16	20.0
20x14	20.0
20x12	20.0
22x18	20.0
24x20	20.0
24x16	20.0
26x20	24.0
28x20	24.0
30x24	24.0
30x20	24.0
32x30	24.0
32x24	24.0
36x32	24.0
36x24	24.0

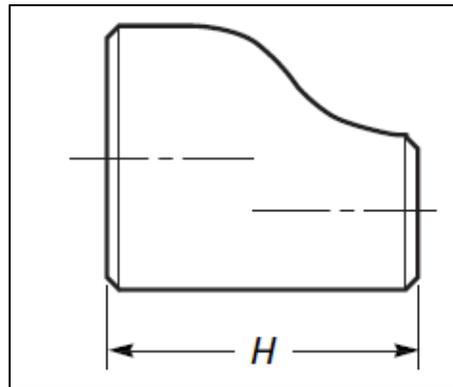
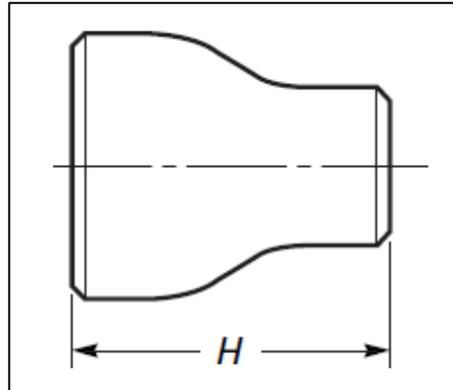


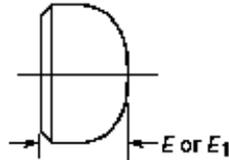
TABLA 3-9. Dimensiones de principales reducciones concéntricas y excéntricas.

Verificar ASME B16.9 para mayor detalle. (pulgadas).



d) Tapón capa/cachucha (Cap)

Se utiliza para sellar el final de una tubería, siempre y cuando se tenga por seguro que no requiere mantenimiento previo con lo que pueda ser sustituido por brida y brida ciega. Las dimensiones deben ser consultadas en el ASME B16.9. (TABLA 4-8).



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Length, E [Note (1)]	Limiting Wall Thickness for Length, E	Length, E ₁ [Note (2)]
½	0.84	1.00	0.18	1.00
¾	1.05	1.00	0.15	1.00
1	1.32	1.50	0.18	1.50
1¼	1.66	1.50	0.19	1.50
1½	1.90	1.50	0.20	1.50
2	2.38	1.50	0.22	1.75
2½	2.88	1.50	0.28	2.00
3	3.50	2.00	0.30	2.50
3½	4.00	2.50	0.32	3.00
4	4.50	2.50	0.34	3.00
5	5.56	3.00	0.38	3.50
6	6.62	3.50	0.43	4.00
8	8.62	4.00	0.50	5.00
10	10.75	5.00	0.50	6.00
12	12.75	6.00	0.50	7.00
14	14.00	6.50	0.50	7.50
16	16.00	7.00	0.50	8.00
18	18.00	8.00	0.50	9.00
20	20.00	9.00	0.50	10.00
22	22.00	10.00	0.50	10.00
24	24.00	10.50	0.50	12.00
26	26.00	10.50	...	...
28	28.00	10.50	...	...
30	30.00	10.50	...	...
32	32.00	10.50	...	...
34	34.00	10.50	...	...
36	36.00	10.50	...	...
38	38.00	12.00	...	...
40	40.00	12.00	...	...
42	42.00	12.00	...	...
44	44.00	13.50	...	...
46	46.00	13.50	...	...
48	48.00	13.50	...	...

TABLA 3-10. Dimensiones de tapón cachucha. Verificar ASME B16.9 para mayor detalle (pulgadas).



e) Injertos soldables (Stub in)

Es un término que indica soldar una tubería directamente a la pared de la tubería principal (cabezal), es el método más general y menos caro de soldar un ramal (tubería secundaria) a cabezales arriba de 2" de diámetro.

Un injerto debe reforzarse convenientemente en la unión. No se debe realizar en tuberías menores de 2" porque puede entrar material de la soldadura y restringir el flujo.

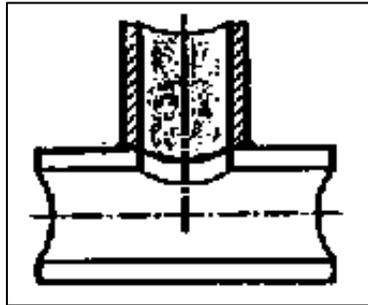


FIGURA 3-11. Injerto de tubería.

f) Bridas (Flanges).

Las bridas son elementos desmontables que cumplen las siguientes funciones:

- Inspección periódica.
- En tubería que pueden requerir reemplazo.
- Al final de los encabezados para futuras expansiones.

Las bridas se utilizan en diseño de tuberías y pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de fabricación:

- **Acero forjado:** Puede ser de acero al carbono, aleado o acero inoxidable. Se encuentran en una sola pieza para unirse a una tubería. También se pueden encontrar siendo parte de una válvula, filtros, carcasas de bombas, etc. En este caso todo este conjunto es de acero moldeado.
- **Fundición:** Generalmente forman parte de algún otro elemento como válvulas, filtros, spools siendo todo parte de la fundición.



Clasificación de las bridas.

1. Libraje.
2. Tipo de brida.
3. Cara de la brida.

1. Libraje (Flange rating).

Otro aspecto importante en la selección adecuada de una brida es respecto a las condiciones de presión y temperatura de la línea en operación o futura operación, por lo que se recomienda tener en cuenta el libraje (rango) de la misma.

Cabe recordar que todas las bridas requieren una contraparte para poder ser utilizadas, por lo tanto, se requiere de elementos de unión como lo son espárragos, tuerca y rondanas de presión. Es deber del diseñador el reconocer en qué casos se requieren juego de bridas por el elevado costo de los elementos.

Entre ambas bridas se interpone una junta (empaqué) de material y dimensiones de acuerdo al diámetro de la tubería para evitar fugas en la unión dependiendo de la presión de la línea. Las bridas están hechas de varios materiales siendo los más comunes de acero y hierro fundido.

Bridas de acero (Para servicios de fuerza).	Bridas de acero fundido (para servicios de baja temperatura y presión).
150#	25#
300#	125#
400#	250#
600#	800#
900#	
1500#	
2500#	

TABLA 3-11. Clasificación de bridas de acuerdo a libraje.



2. Tipo de brida

a) Bridas de cuello (Welding Neck).

El cuello cónico de la brida al ser soldado a tope con la tubería (biselado en el extremo del cuello) proporciona una transición suave con poca concentración de esfuerzos y sin espacios o huecos que podrían conducir a corrosión de la grieta. La conexión soldada a la tubería es fuerte y puede ser radiografiado fácilmente. La brida de cuello de soldadura está bien adaptada para servicios severos a alta temperatura y presión o bajo grandes cargas externas. Las bridas welding neck están disponibles para diámetros nominales mayores a 3".

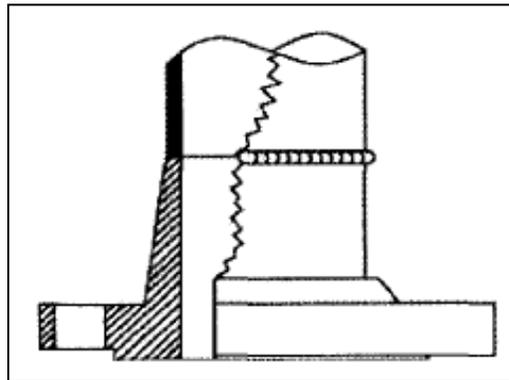


FIGURA 3-12. Welding Neck Flange.

b) Brida plana (Slip-On).

La brida se desliza sobre el tubo y requiere doble filete de soldadura a la tubería. Se requiere menos habilidad de montar y permite la alineación de orificios de los pernos mediante la rotación de la brida antes de la soldadura. Se utiliza generalmente en el servicio de una presión moderada limitando su uso a la Clase 300 para tubería de más de 4".

- Ventaja: Permite una conexión más corta al equipo o tubería cuando el espacio no permite una brida de cuello.



- Desventaja: Su limitada aplicación para condiciones de alta presión y temperatura. El uso de la brida bajo condiciones de operación en vida útil es un tercio respecto a la brida de cuello.

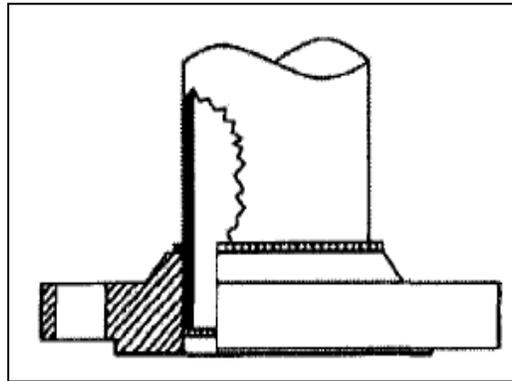


FIGURA 3-30. Slip-on Flange.

c) Brida soldadura de caja (Socket Welded).

La brida de soldadura de caja es utilizada comúnmente para tuberías de pequeño calibre (2" y menores). Debido a que el espacio en la tubería a la interfaz de socket es una grieta expuesta al fluido de proceso, la brida socket-welded es susceptible a la corrosión de la grieta.

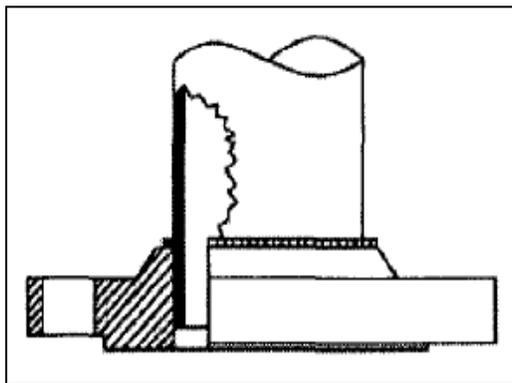


FIGURA 3-14. Socket-Welded Flange.



d) Brida roscada (Threaded flange).

La brida roscada se utiliza sobre todo con tuberías de pequeño calibre (2 "NPS y menores). Es fácil de montar, pero es susceptible a la corrosión intersticial desde que el fluido de proceso penetra en la región del hilo. Es susceptible a fugas en el servicio donde la relación presión-temperatura ejerza una vibración en la línea particularmente si está instalada desalineada, o bajo grandes momentos de flexión de tubos.

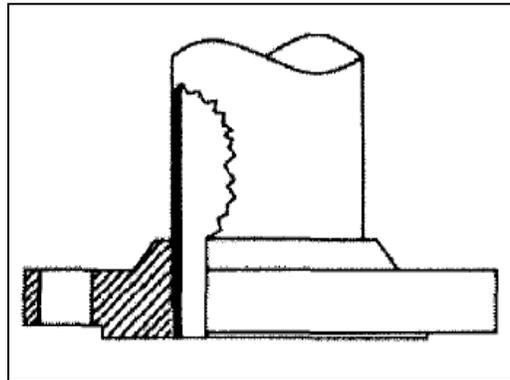


FIGURA 3-15. Threaded flange.

e) Brida Lap Joint

La brida se desliza sobre el tubo y se apoya contra la vuelta de la tubería. La brida puede girar para alinear los agujeros de perno y se desmonta fácilmente. Es comúnmente usado en servicios de baja presión cuando las cargas aplicadas por el tubo a la conexión de brida son pequeñas.

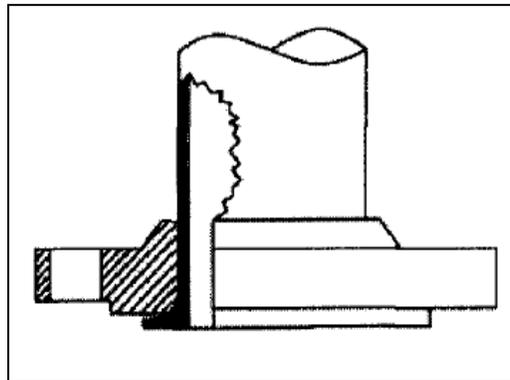


FIGURA 3-16. Lap Joint Flange.



f) Brida ciega (Blind Flange).

Se usa para cerrar el extremo de una tubería bridada, la cual se espera alguna vez se amplíe, o necesite limpieza periódica.

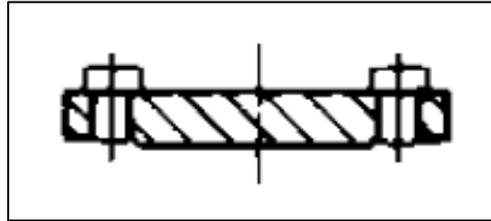


FIGURA 3-17. Blind Flange.

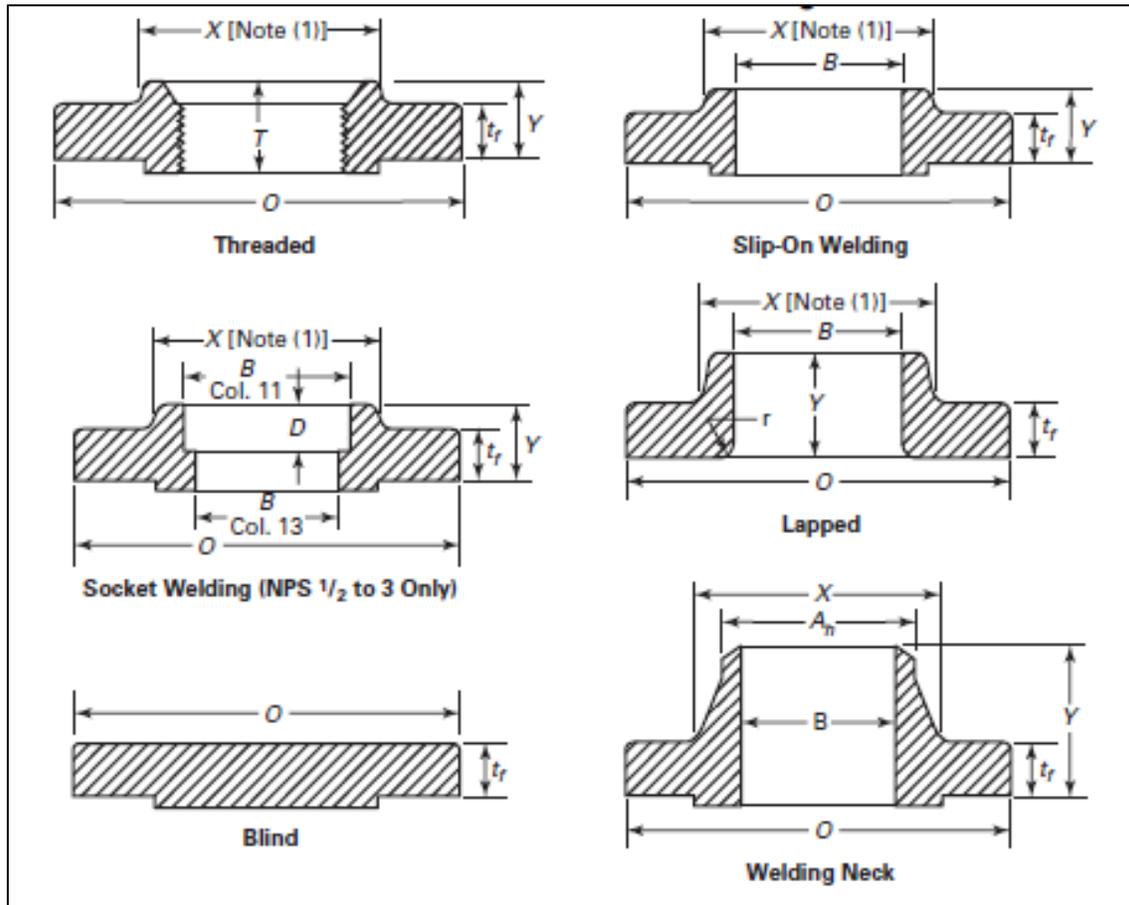


FIGURA 3-18. Dimensión de bridas clase 150.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nominal Pipe Size, NPS	Outside Diameter of Flange, D	Minimum Thickness of Flange, t_f	Minimum Thickness of Lap Joint, t_l	Diameter of Hub, X	Hub Diameter Beginning of Chamber Welding Neck, A_b	Length Through Hub	Minimum Thread Length, T	Minimum Slip-on/Socket Welding, B	Minimum Slip-on/Socket Welding, B	Welding Neck/Socket Welding, B	Corner Bore Radius	Depth of Socket, D		
		[Notes (2)-(4)]			[Note (5)]	Threaded/ Slip-on/ Socket Welding, Y	Threaded, T	Slip-on/ Socket Welding, B	Slip-on/ Socket Welding, B	[Note (7)]	of Lapped Flange and Pipe, r			
1/2	90	9.6	11.2	30	21.3	14	16	46	16	22.2	22.9	15.8	3	10
3/4	100	11.2	12.7	38	26.7	14	16	51	16	27.7	28.2	20.9	3	11
1	110	12.7	14.3	49	33.4	16	17	54	17	34.5	34.9	26.6	3	13
1 1/4	115	14.3	15.9	59	42.2	19	21	56	21	43.2	43.7	35.1	5	14
1 1/2	125	15.9	17.5	65	48.3	21	22	60	22	49.5	50.0	40.9	6	16
2	150	17.5	19.1	78	60.3	24	25	62	25	61.9	62.5	52.5	8	17
2 1/2	180	20.7	22.3	90	73.0	27	29	68	29	74.6	75.4	62.7	8	19
3	190	22.3	23.9	108	88.9	29	30	68	30	90.7	91.4	77.9	10	21
3 1/2	215	22.3	23.9	122	101.6	30	32	70	32	103.4	104.1	90.1	10	...
4	230	22.3	23.9	135	114.3	32	33	75	33	116.1	116.8	102.3	11	...
5	255	22.3	23.9	164	141.3	35	36	87	36	143.8	144.4	128.2	11	...
6	280	23.9	25.4	192	168.3	38	40	87	40	170.7	171.4	154.1	13	...
8	345	27.0	28.6	246	219.1	43	44	100	44	221.5	222.2	202.7	13	...
10	405	28.6	30.2	305	273.0	48	49	100	49	276.2	277.4	254.6	13	...
12	485	30.2	31.8	365	323.8	54	56	113	56	327.0	328.2	304.8	13	...
14	535	33.4	35.0	400	355.6	56	79	125	57	359.2	360.2	Note (8)	13	...
16	595	35.0	36.6	457	406.4	62	87	125	64	410.5	411.2	Note (8)	13	...
18	635	38.1	39.7	505	457.0	67	97	138	68	461.8	462.3	Note (8)	13	...
20	700	41.3	42.9	559	508.0	71	103	143	73	513.1	514.4	Note (8)	13	...
24	815	46.1	47.7	663	610.0	81	111	151	83	616.0	616.0	Note (8)	13	...

TABLA 3-12. Dimensiones de bridas clase 150. Verificar ASME B16.5 para mayor detalle. (pulgadas).



3. Cara de brida (Flange Facing).

- Cara realzada/Raised Face (RF).

La cara de la brida no está contenida dentro de un solo plano, si no que la parte central de la misma sobresale del resto de la cara. Son las más comúnmente utilizadas en la industria.

La cara que se plantea es de 1/16" para 150#, 250# y 300#.

La cara que se plantea es de 1/4" para toda medida superior a 300#.



FIGURA 3-19. Raised Face Flange.

- Cara Plana/Flat Face (FF).

Las bridas de cara plana se utilizan en unión brida-brida. No son usadas para acoplamientos con bombas.

Generalmente son de 125# y 250# para bridas de hierro de fundición y 1250# y 300# para bridas de acero.

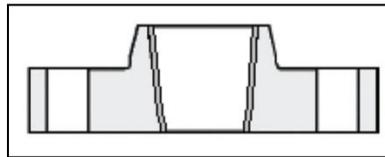


FIGURA 3-20. Flat Face Flange.

- Junta de anillo/Ring Joint (RJ).

Se utiliza principalmente en servicios de alta presión y temperatura. Su empaque está constituido por un anillo de sección oval u octogonal y se aloja principalmente en las ranuras de las bridas. Es un tipo de brida muy apropiado para casos en los que se requiere obtener buena estanqueidad.

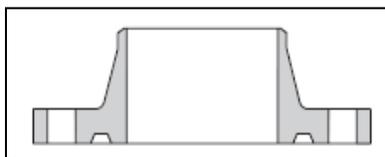


FIGURA 3-21. Ring Joint Flange.



3.1.3 Screwed Fittings / Accesorios Roscados.

Los accesorios roscados son utilizados en servicios de agua y aire a baja presión (125#, 150# y 300# como máximo) cuando el proceso no represente algún peligro de maniobrabilidad y mantenimiento. Si el proceso requiriere altas presiones y temperaturas se utilizan accesorios roscados de acero forjado.

- 2000 #, para tuberías STD
- 3000 #, para tuberías XS
- 6000 #, para tuberías XXS.

La mayoría de los accesorios roscados tendrá cuerda hembra NPT (National Pipe Thread) donde será unido mediante una conexión cuerda macho utilizado en Niples, tapón plug. Se utilizan donde el proceso requiera desmontarlo para mantenimiento, para drenes. Existen casos donde después de realizar la conexión roscada se coloque un cordón de soldadura alrededor de la unión. La norma de referencia es el ASME B16.3.

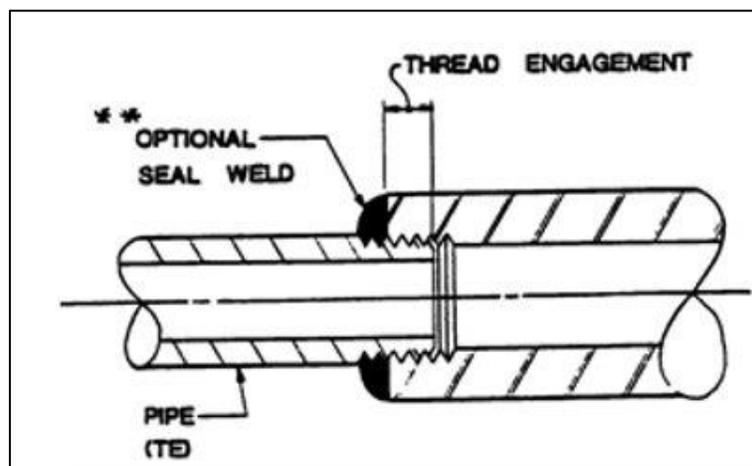


FIGURA 3-22. Conexión roscada.



Ventajas de conexiones roscadas

- Fácil instalación en campo.
- Uso en líneas que transportan servicios. (vapor de baja presión, aire, agua).
- Minimiza el riesgo de incendio en líneas de proceso. (gases o fluidos inflamables).

Desventajas de las conexiones roscadas:

- Posible fuga de la junta roscada.
- Se reduce la resistencia del tubo ya que la formación de la rosca reduce el espesor de pared.

Accesorios:

a) **Cople roscado:** Accesorio que une tuberías o elementos con extremo roscado.

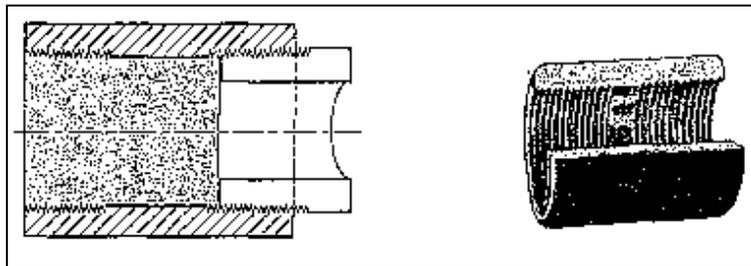


FIGURA 3-23. Cople Roscado

b) **Cople reductor roscado:** Une tuberías de diferentes diámetros de extremos roscados.

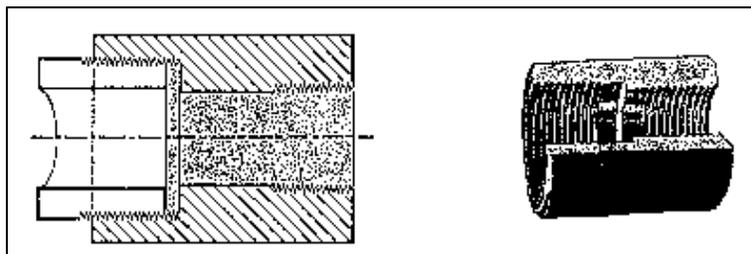


FIGURA 3-24. Cople reductor.



c) Niple: Elemento de unión para válvulas, filtros, y demás accesorios. Consiste en un tramo de tubería de diferentes tipos.

- 1) Completamente roscado (Niple cerrado).
- 2) Roscado en ambos extremos (TBE).
- 3) Plano de un extremo y roscado de otro extremo (POE-TOE).

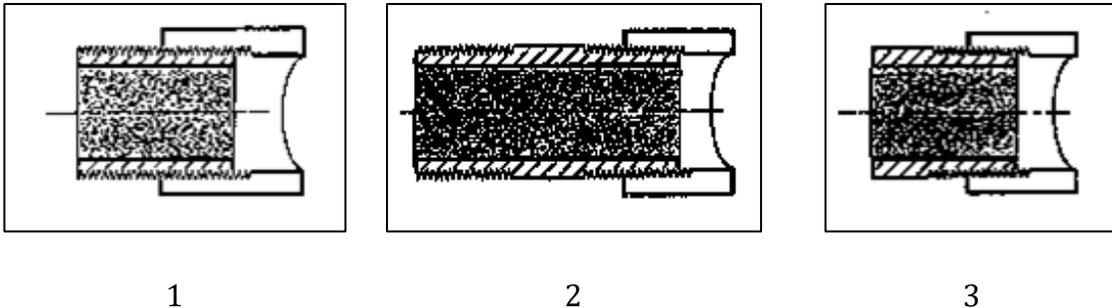


FIGURA 3-25. Niples y sus diferentes terminaciones.

d) Codos: Hacen giros de 90° y 45° a lo largo de la trayectoria de la tubería y las conexiones en los extremos son roscadas.

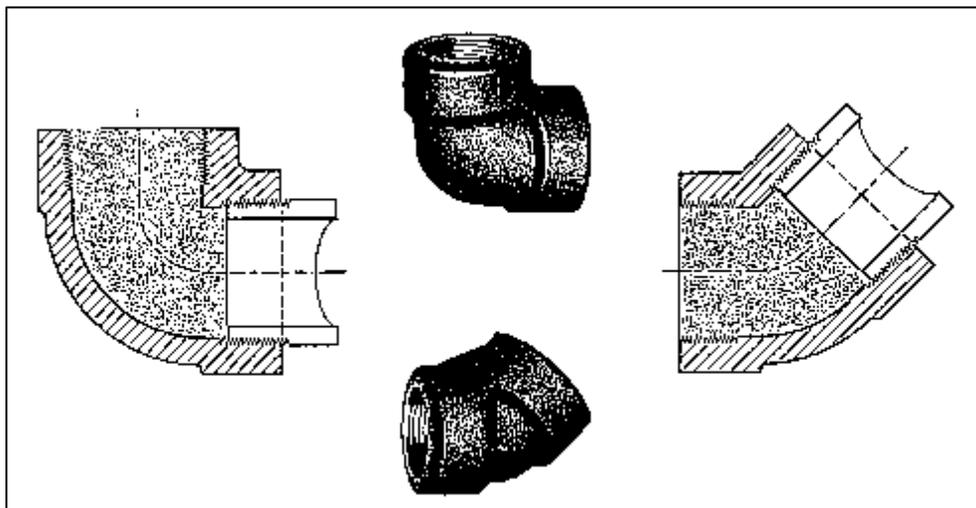


FIGURA 3-26. Codo de 90° y 45° roscados.



e) **Suaje:** Este es un accesorio reductor, usado para unir un diámetro mayor a un tubo de menor diámetro. También se conoce como “swage” y abreviado como 'SWG'. Existen de diferentes tipos.

- Tubería roscada a tubería roscada.
- Tubería roscada a tubería soldable a tope.

Es necesario especificar en el diseño de tubería las terminaciones requeridas del suaje con las siguientes abreviaturas.

Abreviaturas	
BW = Butt welding	BW = Soldadura a tope
THRD = Threaded	THRD = Roscado
TBE = Threaded both ends	TBE = Enroscado ambos extremos
TLE = Threaded large end	TLE = Extremo grande roscado
BLE = Beveled large end	BLE = Extremo grande biselado
TSE = Threaded small end	TSE = Extremo pequeño roscado
BSE = Beveled small end	BSE = Extremo pequeño biselado

TABLA 3-13. Tabla de abreviaturas en suajes.

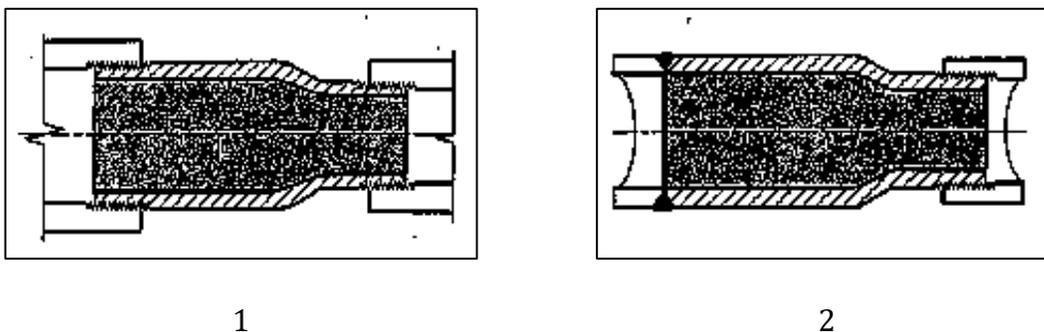


FIGURA 3-27. Ejemplos de suajes.

1. Suaje TBE
2. Suaje BLE x TSE



f) **Tee recta y tee reducción roscadas:** Se tiene una bifurcación o ramal totalmente perpendicular a la dirección del cabezal.

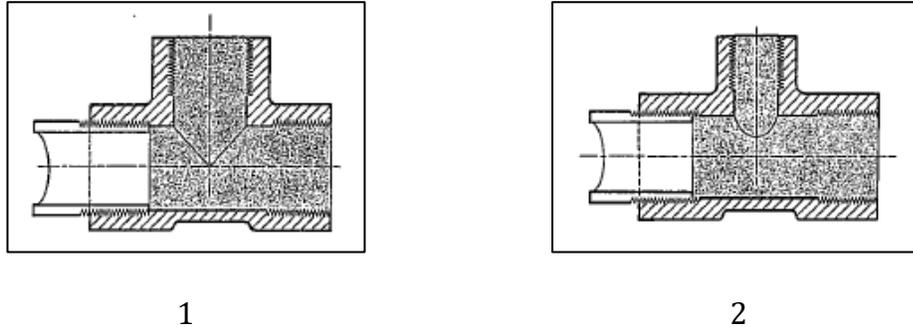
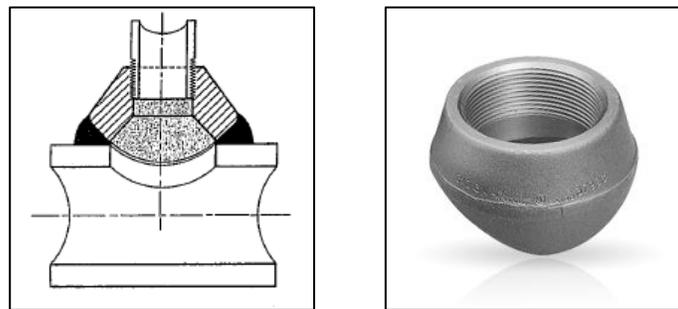


FIGURA 3-28. Tee roscada y tee reducción roscada respectivamente.

g) **Thredolet:** Usados en líneas principales de 3" y mayores cuyo ramal (conexión secundaria roscada) no esté estandarizada por una tee reducción o en su defecto no aplique en una tabla de ramales. Su dirección es totalmente perpendicular a la dirección del cabezal.



h) **Nipolet:** Es una variante del thredolet, solo que termina en una punta que trabaja como niple, se desarrolló principalmente para conectar válvulas pequeñas.

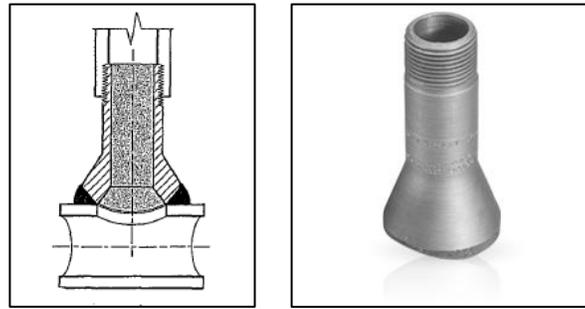


FIGURA 3-30. Nipolet.

- i) **Cap/Plug:** Sella el extremo roscado del tubo, cuando el extremo roscado sea un accesorio se utiliza un plug.

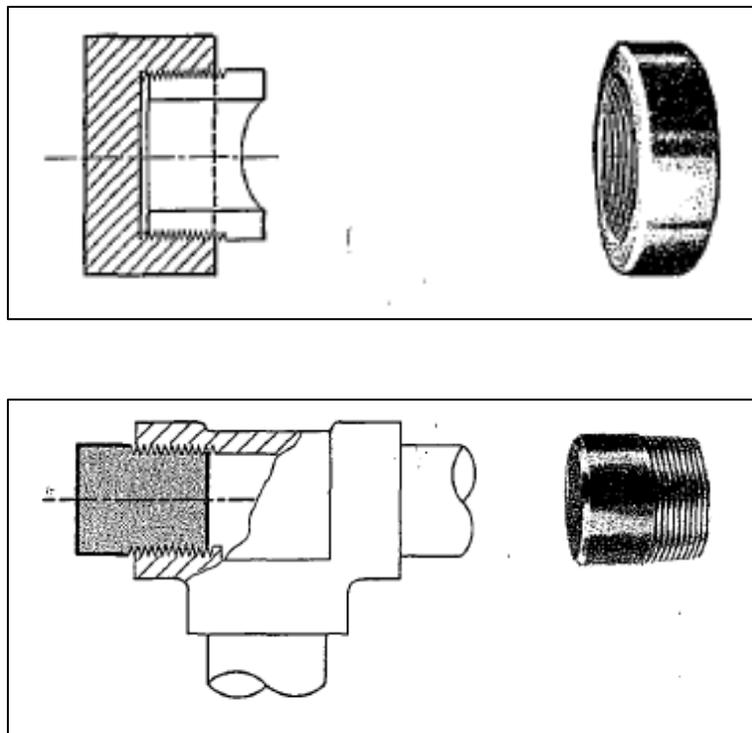
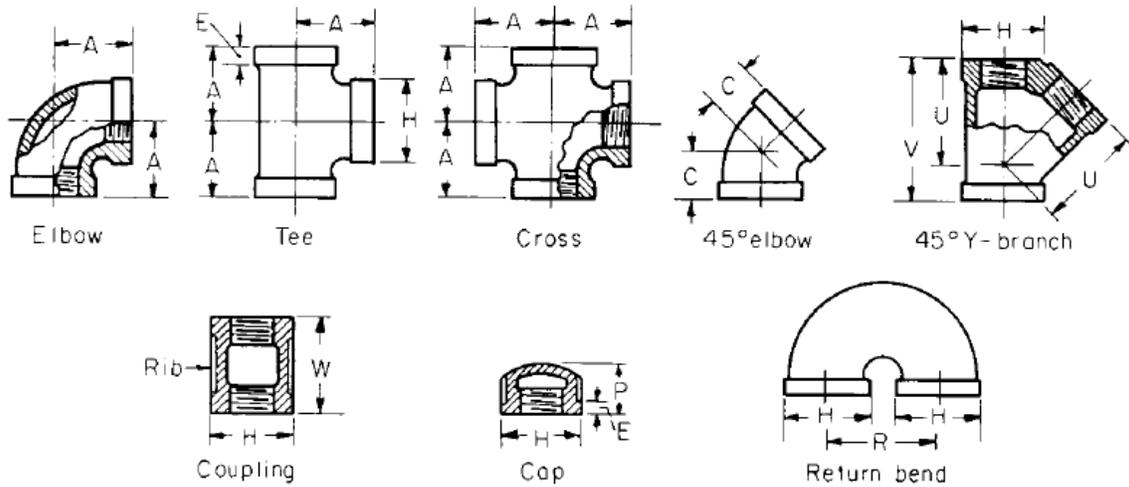


FIGURA 3-31. Cap y Plug respectivamente.



Size	A	H	E	C	V	U	W	P	R		
									Close	Medium	Open
1/8	0.69	0.693	0.200				0.96				
1/4	0.81	0.844	0.215	0.73			1.06				
3/8	0.95	1.015	0.230	0.80	1.93	1.43	1.16				
1/2	1.12	1.197	0.249	0.88	2.32	1.71	1.34	0.87	1.000	1.25	1.50
3/4	1.31	1.458	0.273	0.98	2.77	2.05	1.52	0.97	1.250	1.50	2.00
1	1.50	1.771	0.302	1.12	3.28	2.43	1.67	1.16	1.500	1.875	2.50
1 1/4	1.75	2.153	0.341	1.29	3.94	2.92	1.93	1.28	1.750	2.25	3.00
1 1/2	1.94	2.427	0.368	1.43	4.38	3.28	2.15	1.33	2.188	2.50	3.50
2	2.25	2.963	0.422	1.68	5.17	3.93	2.53	1.45	2.625	3.00	4.00
2 1/2	2.70	3.589	0.478	1.95	6.25	4.73	2.88	1.70			4.50
3	3.08	4.285	0.548	2.17	7.26	5.55	3.18	1.80			5.00
3 1/2	3.42	4.843	0.604	2.39			3.43	1.90			
4	3.79	5.401	0.661	2.61	8.98	6.97	3.69	2.08			
5	4.50	6.583	0.780	3.05				2.32			
6	5.13	7.767	0.900	3.46				2.55			

TABLA 3-14. Dimensiones de accesorios roscados clase 150. Verificar ASME B16.3 para mayor detalle. (pulgadas).



3.1.4 Socket Weld fittings / Accesorios soldables en caja.

Los accesorios socket Weld (Soldadura de caja) y roscados funcionan para tuberías menores de 2" el principio es el mismo que el de soldadura a tope Buttweld pero con diferente tipo de unión.

Las uniones a soldadura por caja tienen la ventaja de no necesitan una previa preparación para aplicar el cordón de soldadura (Biselado) ya que el accesorio tiene una dimensión interior que permite el ajuste y unión adecuado.

- 3000 #, para tuberías SCH 40
- 6000 #, para tuberías SCH 160
- 9000 #, para tuberías XXS.

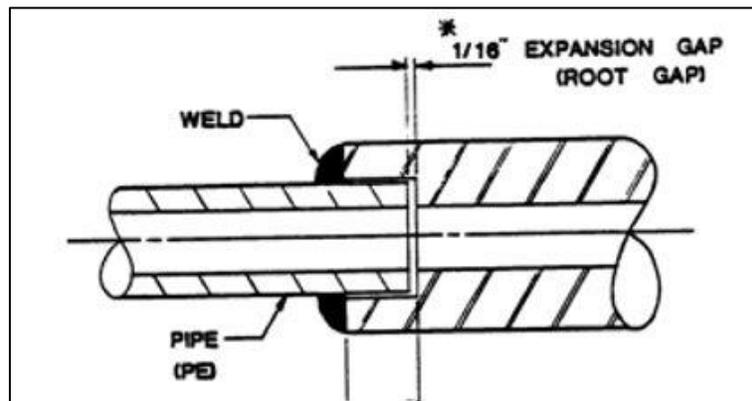


FIGURA 3-32. Conexión Socket Weld.

Los accesorios siguientes ofrecen un medio alternativo de conexión a un cabezal principal, sin necesidad de reforzamiento; generalmente están preformados a la curvatura de la tubería a la cual se van a unir. Generalmente se usan para líneas de proceso productos inflamables, tóxicos o caros. Trayectorias largas de tuberías donde no se permiten fugas como vapor de 150 a 600 psi.



Ventajas de las conexiones socket:

- En construcción la alineación de las líneas es más sencillo en diám. menores.
- La junta no se fuga cuando se hace de una manera correcta.
- Es muy difícil que entren restos de soldadura en el interior.

Desventajas de las conexiones socket:

- Uso no recomendado en fluidos altamente corrosivos o donde exista una fuerte vibración.
- El espacio de 1/16" que existe entre la tubería y el accesorio genera un bolsa de fluido que son susceptibles a corrosión.

Accesorios:

- a) **Cople soldable:** Accesorio que une tubería o elementos con extremo socket-well.

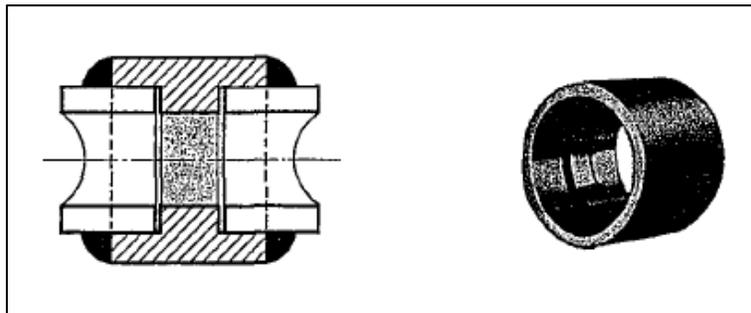


FIGURA 3-33. Cople soldable

- b) **Cople reductor soldable:** Une tuberías de diferentes diámetros de extremos socket-well.

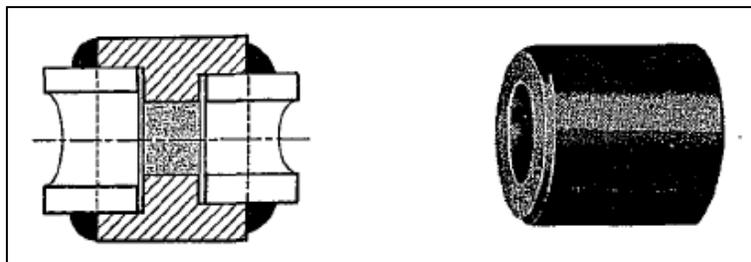


FIGURA 3-34. Cople reductor soldable



c) **Codos:** Hacen giros de 90° y 45° a lo largo de la trayectoria de la tubería y las conexiones en los extremos son socket-weld.

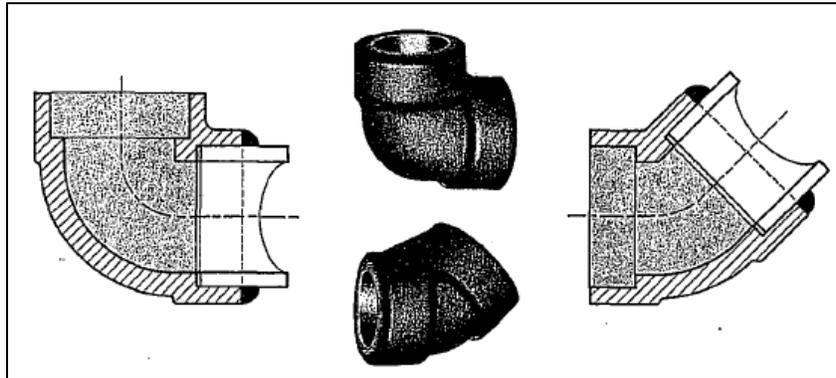


FIGURA 3-35. Codo de 90° y 45° soldables.

d) **Suaje:** Este es un accesorio reductor, usado para unir un diámetro mayor a un tubo de menor diámetro. Es necesario especificar en el diseño de tubería las terminaciones requeridas del suaje con las siguientes abreviaturas.

Abreviaturas	
SW= Socket Weld	SW = Soldadura de caja
BW= Butt Weld	BW = Soldadura a tope
PBE= Plain Both End	PBE = Extremos soldables en caja.
PSE= Plain Small End	PSE = Extremo pequeño soldable en caja
PLE= Plain Large End	PLE = Extremos grande soldable en caja
BLE= Bevel large end	BLE= Extremo grande biselado

Tabla 3-15. Tabla de abreviatura de suajes soldables.

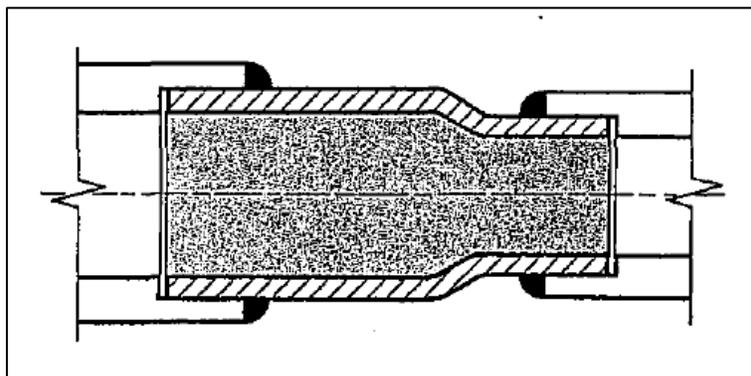


FIGURA 3-36. Suaje PBE.



- e) **Tee recta y tee reducción soldables:** Se tiene una bifurcación o ramal totalmente perpendicular a la dirección del cabezal. Las conexiones en los extremos son socket-weld.

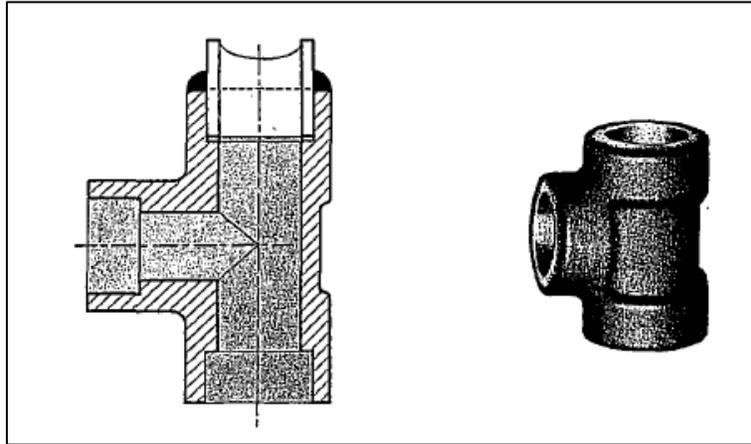


FIGURA 3-37. Tee soldable en caja.

- f) **Socket:** Usados en líneas principales de 3" y mayores cuyo ramal (conexión secundaria) no esté estandarizada por una tee reducción o en su defecto no aplique en una tabla de ramales. Su dirección es totalmente perpendicular a la dirección del cabezal y la conexión que se realiza es socket-weld.

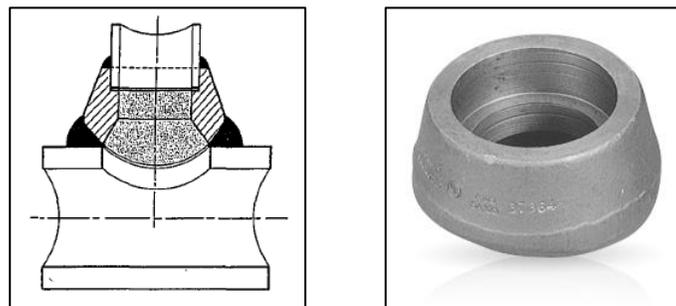


FIGURA 3-38. Sockolet.



g) Nipolet: Es una variante del sockolet, solo que termina en una punta que trabaja como niple. La conexión del extremo menor es socket-weld.

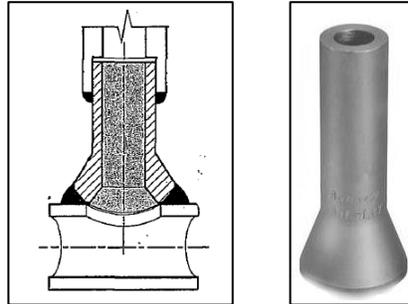


FIGURA 3-39. Nipolet.

h) Latrolet: Conexión reforzada que realiza una función reductora de 45 grados del cabezal de una tubería recta.

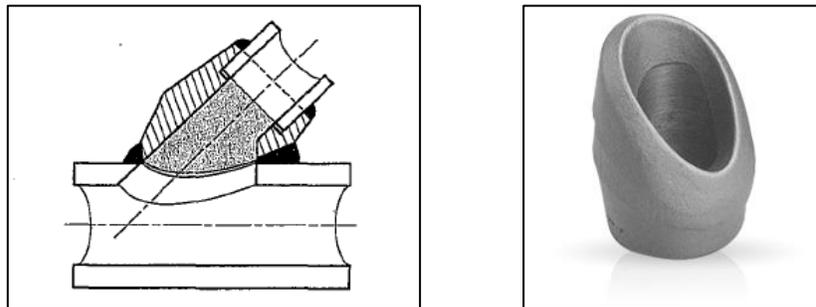


FIGURA 3-40. Latrolet.

i) Elbolet: La conexión o salida del cabezal secundario se realiza en la tangente del codo de 90° ya sea radio largo o radio corto.

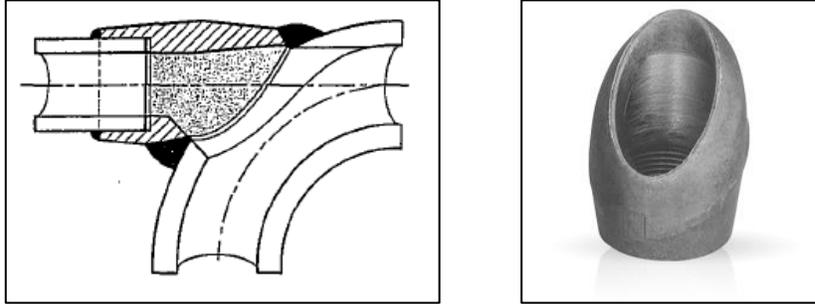


FIGURA 3-41. Elbolet

- j) **Tapón capa soldable:** Sella o bloquea el final de una tubería o accesorio. La conexión que se realiza es socket-weld.

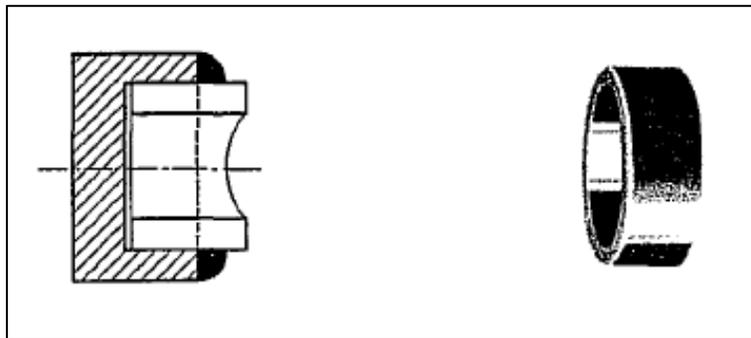


FIGURA 4-42. Tapón capa soldable.



3.1.5 Válvulas.

Son elementos instalados en la tubería que pueden realizar diferentes funciones tanto de manera manual como automatizada dependiendo del tipo de válvula a ocupar.

1. Impedir o permitir la circulación de un fluido por la tubería.
2. Regular el caudal del fluido que atraviesa la tubería.
3. Regular la presión.

El método de unión a la tubería puede ser mediante bridas, soldadura a tope (butt-weld). Soldadura de caja (socket-weld) y roscada.

Debido a la inmensa variedad de válvulas que existen en el mercado esta tesis se centrara en mencionar las más importantes y comunes.

a) Válvula de compuerta

Son las de mayor uso en la industria. Su principal característica es impedir o permitir totalmente el paso del fluido a través de ella. Estas válvulas no deben utilizarse para regular el caudal del fluido por la falta de exactitud del sistema.

Su funcionamiento se realiza por el movimiento de una compuerta interna que depende directamente del volante y el vástago.



FIGURA 3-43. Válvula de compuerta extremos bridados.



b) Válvula de globo.

Su principal aplicación es la regulación de caudal. Al pasar el fluido por la válvula se produce una pérdida de carga considerable. Dada por la precisión al momento de regular el caudal son comúnmente utilizadas para válvulas de control con algún método de accionamiento (diafragma, accionamiento neumático, servomotor). Se encuentran comúnmente en los by-pass de tuberías. Solo se fabrican hasta 8”.



FIGURA 3-44. Válvula de globo extremos bridados.

c) Válvula de bola

Tiene una aplicación similar que las válvulas de globo con la diferencia de que son fabricadas con diámetros mayores a 8”. La compuerta que permite o restringe el paso del fluido tiene forma de esfera. Sus principales características es que son buenas regulando el caudal del fluido, son de apertura rápida por la palanca de accionamiento que poseen y tienen una pérdida de carga reducida.



FIGURA 3-45. Válvula de bola extremos bridados.

d) Válvula de mariposa

Estas válvulas son comúnmente utilizadas en servicios de agua, es un tipo de válvula de compuerta que su principal característica es el disco interno de apertura y cierre rápido. Existen 2 tipos principales:

- Válvula de mariposa tipo wafer.
- Válvula de mariposa tipo Lug.

Ambos tipos de válvulas van entre bridas haciendo su modo de sujeción el apriete de los espárragos que atraviesa los elementos. No se recomienda su uso en servicios de alta presión.

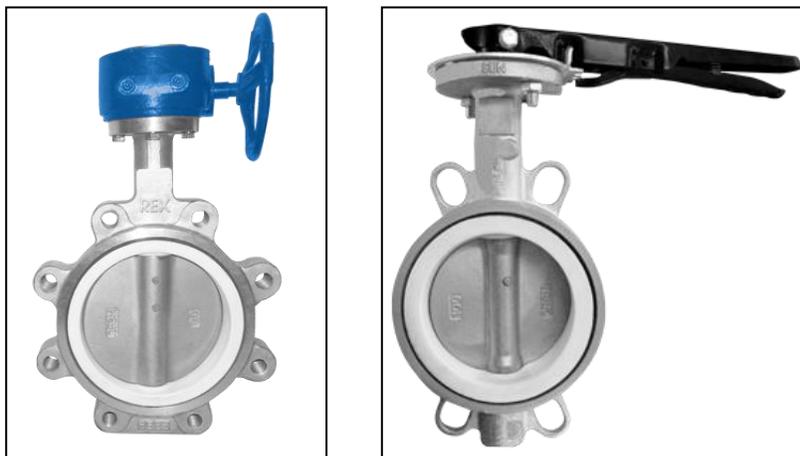


FIGURA 3-46. Izq. Válvula de mariposa tipo lug.

Der. Válvula de mariposa tipo wafer.



e) Válvula de retención (Check)

Su principal función es evitar el retorno del fluido (sentido contrario a la dirección del flujo) a un equipo o a la misma tubería.

El mayor uso se ubica en la descarga de las bombas que por la fuerza provocada por el regreso del flujo (paros del sistema) dañe los internos del equipo. Los tipos más comunes de válvulas check son las siguientes:

- Válvula check tipo wafer: Es colocada entre bridas, se recomienda su uso en servicios de baja presión y donde el espacio sea limitado.
- Válvula check tipo columpio: Es la más utilizada en el diseño de tuberías. Recomendada para todo tipo de servicios.

Es importante verificar que en la instalación las válvulas check solo funcionan en una sola dirección, de lo contrario no sería útil el propósito de la misma. En el cuerpo de la válvula tiene indicada una flecha que indica la dirección del flujo por la que pasaría el fluido y la posición correcta que debe ser instalada.

Una válvula check nunca debe ser instalada de manera vertical con el flujo hacia abajo ya que por la gravedad siempre permanecería abierta y no cumpliría su función.



FIGURA 3-47. Izq. Válvula check tipo wafer

Der. Válvula check tipo columpio.



3.2 Disciplina de Instrumentación y control

El propósito de los instrumentos en la construcción y ensamble de osmosis inversa es detectar, medir, transmitir o controlar una variable para el correcto funcionamiento del sistema. Un instrumento primero detecta un cambio en la variable, después se transmite el impulso mediante un medio mecánico, eléctrico, neumático, hidráulica, electromagnética, etc. Este se recibe en un indicador visual o un registro.

Las principales variables de medición son las siguientes:

VARIABLES DE MEDICIÓN		
PRESSURE	(P)	PRESION
TEMPERATURE	(T)	TEMPERATURA
FLOW	(F)	FLUJO
LEVEL	(L)	NIVEL

TABLA 3-16. Variables de medición.

De igual forma existen 4 tipos diferentes de respuesta de acuerdo a la variable de medición.

VARIABLES DE RESPUESTA		
INDICATOR	(I)	INDICADOR
TRANSMITTER	(T)	TRANSMISOR
RECORDER	(R)	GRABADOR
ALARM	(A)	ALARMA

TABLA 3-17. Variables de respuesta.

Se pueden realizar diferentes combinaciones de acuerdo a las necesidades del operador y del proyecto en general.

Los siguientes símbolos se utilizan comúnmente en la conexión de los instrumentos con la tubería y su representación gráfica en los DTI.

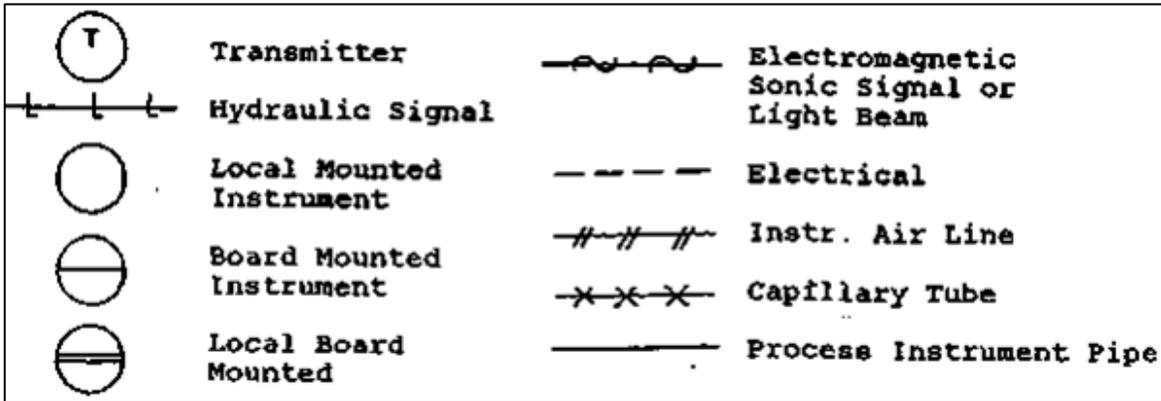


FIGURA 3-45. Simbología de señales en el área de instrumentación y control/Proceso.

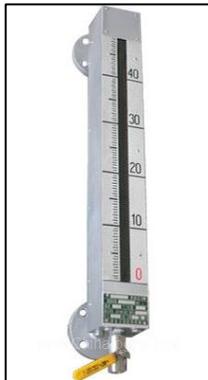


FIGURA 3-48.

- 1) Indicador de presión tipo carátula roscado.
- 2) Transmisor de flujo digital extremos bridados.
- 3) Indicador de nivel tipo mirilla extremos bridados.
- 4) Transmisor de temperatura tipo termopozo bridado.



3.3 Disciplina Mecánicos.

3.3.1. Bombas

La bomba es un dispositivo utilizado para mover un líquido o gas por medio de succión o presión de un lugar a otro. Todas las bombas se pueden dividir en dos categorías principales:

1) Dinámicas: La energía se añade continuamente para aumentar las velocidades del fluido dentro de la máquina a valores mayores que los que se producen en la descarga. La bomba produce un aumento de la presión.

Las bombas dinámicas pueden subdividirse en varias variedades de bombas centrífugas y otras bombas de efecto especial.

2) Desplazamiento positivo: El desplazamiento, en el que se añade periódicamente energía mediante la aplicación de la fuerza a uno o más límites móviles de cualquier número deseado de volúmenes encerrados que contienen fluido, da como resultado un aumento directo de la presión hasta el valor requerido para mover el fluido a través de las válvulas o puertos hacia la línea de descarga. Las bombas de desplazamiento están esencialmente divididas en reciprocantes y rotatorios, dependiendo de la naturaleza del movimiento de los elementos productores de presión. Cada una de estas clasificaciones principales puede subdividirse en varios tipos específicos de importancia comercial.

De acuerdo a esta clasificación se tienen algunos principales tipos de bombas:

CENTRIFUGAS	ROTATORIAS	RECIPROCANTES
Horizontal	Engranés	Pistón
Vertical	Levas	Embolo
En línea Vertical	Tornillo	Tornillo

TABLA 3-18. Principales tipos de bombas.



Bombas centrífugas

- Esta bomba utiliza fuerza centrífuga para desarrollar un aumento de presión para mover una mercancía.
- La mercancía es forzada por la presión atmosférica u otra presión, a través de la boquilla de succión en un impulsor de alta velocidad. El impulsor tira el producto hacia fuera a través de la boquilla de descarga.
- Esta bomba es una bomba de flujo suave o no pulsante.
- La bomba centrífuga es la bomba más comúnmente utilizada en las refinerías y plantas químicas de hoy en día.
- Normalmente es más económico, tiene un bajo costo inicial con un bajo costo de mantenimiento

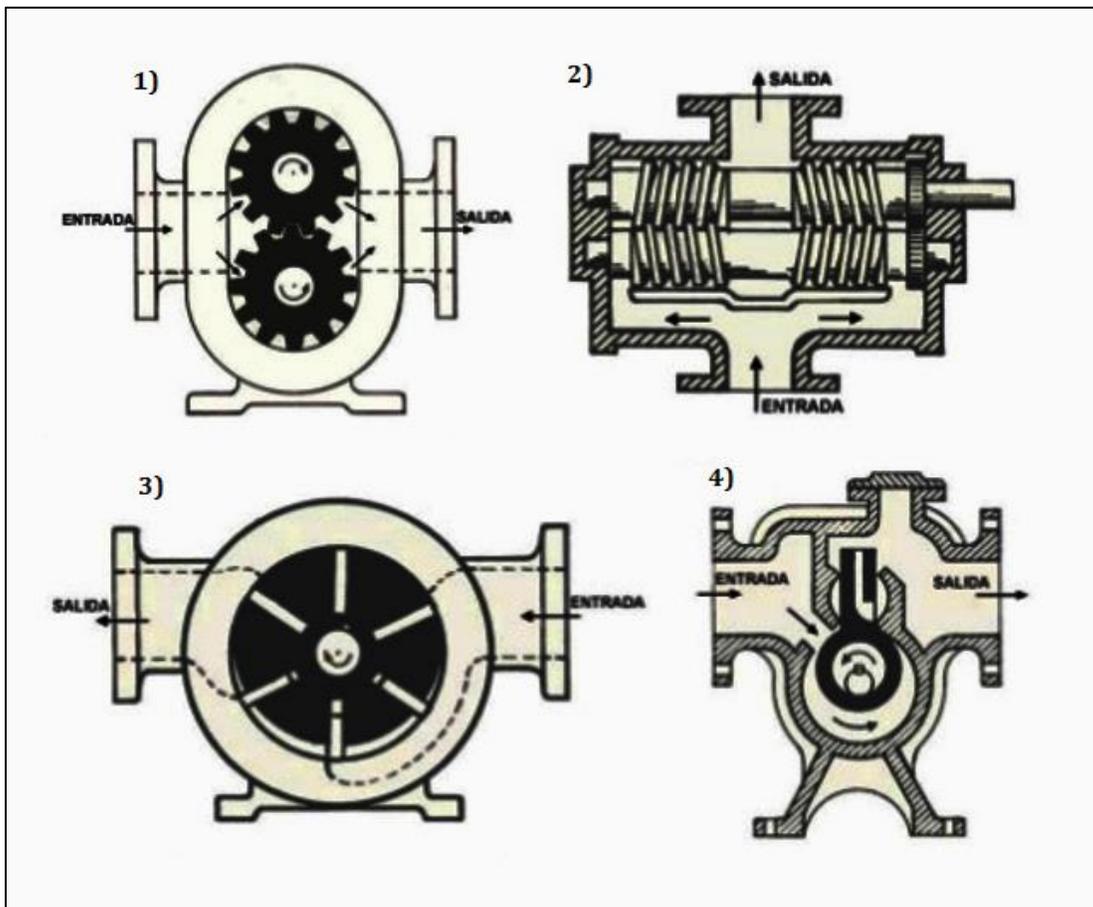


FIGURA 3-49. Ejemplos de bombas centrífugas (horizontal, vertical y en línea respectivamente).



Bombas Rotatorias:

- La bomba rotativa se utiliza para mover productos extremadamente pesados tales como grasa, asfalto crudo y aceites pesados.
- La bomba rotativa es una bomba de desplazamiento positivo.
- La bomba rotativa utiliza engranajes, paletas, tornillos, etc. para desplazar el líquido.
- El tipo de engranaje y tornillo son los más utilizados.
- Las bombas rotatorias son una bomba de flujo suave o no pulsante.



FIFURA 3-50. 1) Bomba rotatoria de engranes.

2) Bomba rotatoria de 2 tornillos.

3) Bomba rotatoria de paletas deslizantes.

4) Bomba rotatoria de leva y pistón.



Bombas reciprocantes:

- La bomba alterna es también una bomba de desplazamiento positivo.
- Estas bombas se utilizan básicamente para inyectar aditivos en cantidades muy pequeñas a presiones muy altas, tales como inyección química en recipientes, calderas, etc.
- El líquido es aspirado a través de la boquilla de succión en una cámara por medio de un émbolo o pistón. A medida que el émbolo se mueve hacia delante empuja el líquido hacia afuera de la boquilla de descarga.
- Debido a la acción del pistón, esta bomba no es una bomba de flujo suave y tiene un flujo pulsante.

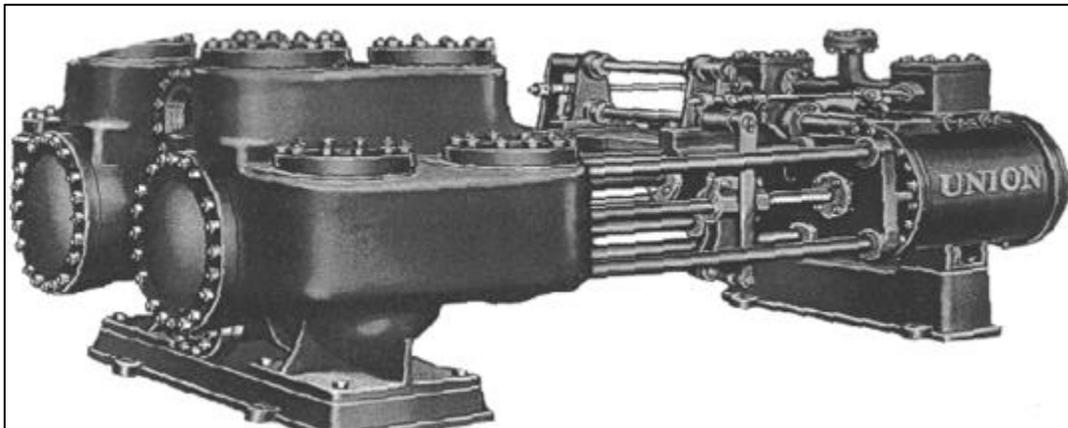


FIGURA 3-51. Bomba reciprocante de pistón.



3.3.2 Membranas

La capacidad para producir separaciones muy específicas a baja o a temperatura ambiente, sin cambio de fase, en muchas aplicaciones, hace que la filtración por membranas sea superior a los métodos convencionales, tales como la filtración rotativa al vacío o filtros prensa, siendo la solución óptima que brinda una mejor relación costo/eficiencia.

La filtración por membranas es una tecnología basada en la presión. Con una porosidad selectiva capaz de separar partículas de 5 micrones hasta un peso molecular de 100. Las membranas sintéticas se clasifican de la siguiente manera:

Membranas	Naturaleza	Biológicas	Vivas (Bicapas lipídicas) No Vivas (Arcilla)
		Sintéticas	Inorgánicas Poliméricas
	Estructura		Macroscópicas
		Microscópicas	Según Porosidad Según configuración

TABLA 3-19. Clasificación de membranas



1) Inorgánicas:

Una característica que distingue a las membranas inorgánicas es que son muy estables química y térmicamente. Además, exhiben una alta resistencia a la presión y son inertes ante la degradación microbiológica. Sin embargo, el uso de membranas inorgánicas a nivel industrial es limitado debido a su fragilidad y a su baja relación superficie/volumen, además de que económicamente no son rentables por su alto coste. Todo esto conlleva a que su campo de aplicación esté restringido a aquellos procesos, donde no resulta viable la utilización de membranas poliméricas.

- **Cerámica:** Especialmente usadas para aplicaciones sanitarias tales como leche o extractos fermentados, como así también para productos que requieren separaciones selectivas a partir de caudales fluidos con valores altos de pH, temperaturas extremas o presencia de solventes.
- **Acero inoxidable:** De diseño rugoso especialmente efectivas para aplicaciones que demandan condiciones de proceso agresivas, o caudales de alimentación con alto contenido de partículas de sólidos o muy alta viscosidad.



FIGURA 3-52. Membrana cerámica y de acero inoxidable respectivamente.



2) Polimérica:

En el caso de las membranas poliméricas, constituyen el campo más amplio y desarrollado de las membranas, debido a la gran versatilidad que aportan los polímeros. Pueden estar compuestas por diferentes tipos de materiales, entre ellos los polímeros sintéticos como acetato de celulosa.

- **Espiral:** Debido a su diseño compacto y a la gran área de membrana relativa por elemento, son una buena solución costo-eficiencia para aplicaciones de gran volumen con sólidos mínimos o no suspendidos, con la ventaja de tener en ambos casos una baja inversión de capital y de costos de energía.
- **Tubular:** Altamente resistentes a los bloqueos. Las membranas tubulares se utilizan cuando la corriente de alimentación contiene gran cantidad de sólidos en suspensión o compuestos fibrosos.
- **Filtro de placa y marco:** Su diseño de canal abierto permite que se lo utilice para productos con muy alta viscosidad, adecuado especialmente para aplicaciones con alto contenido de sólidos en la industria farmacéutica y alimenticia.

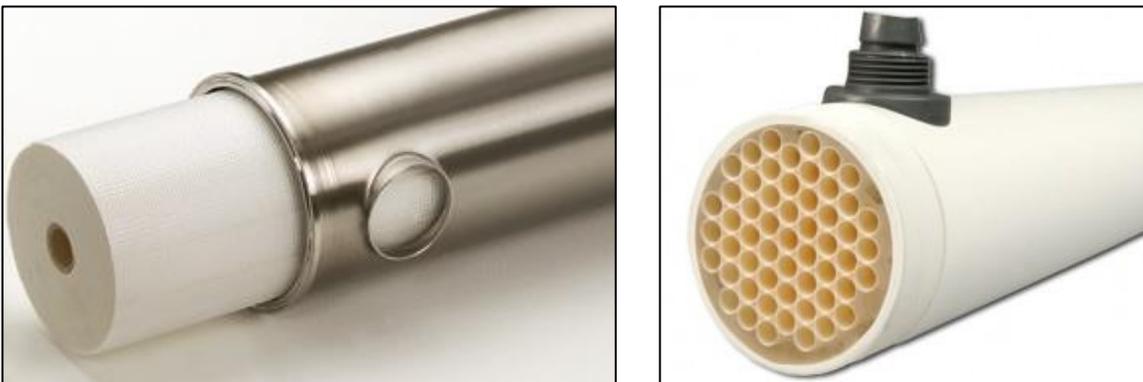


FIGURA 3-53. Membrana espiral y tubular respectivamente.



4. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE.

4.1 Alcance del proyecto

Un proyecto de ingeniería es el conjunto de planos, dibujos, esquemas y textos explicativos utilizados para plasmar (en papel, digitalmente, en maqueta o por otros medios de representación) el diseño de una edificación, planta industrial, maquina o elementos de ingeniería, antes de ser construido. En un concepto más amplio, el proyecto comprende el desarrollo del diseño, la distribución de usos y espacios, la manera de utilizar los materiales y tecnologías, y la elaboración del conjunto de planos, con detalles y perspectivas, así como su construcción.

- **Ingeniería básica:**

Etapa de un proyecto que consiste en la definición de los arreglos, diseños y especificaciones generales, balances de materia y energía, diagramas de tuberías y equipos, entre otros, que se preparan con base en los conceptos de diseño y tecnología que se seleccionan durante la fase de ingeniería conceptual. Las especificaciones que se preparan para la cotización de equipos y definir los requerimientos de servicios y construcción/fabricación.

- **Ingeniería de detalle:**

Etapa de diseño final de un proyecto, que incluye los planos de detalle finales para construcción y/o fabricación de los bienes, los cuales se preparan con base en la ingeniería básica. Forman parte de la ingeniería de detalle las especificaciones actualizadas para la adquisición de equipos y la definición total de los requerimientos y suministros de construcción.



4.2 Definiciones en el diseño de tuberías.

- **DTI / PI&D (Diagrama de tuberías e instrumentación).**

Diagrama de tuberías e instrumentación, es el documento maestro diseñado por un ingeniero de proceso en conjunto con sistemas de control (instrumentación), que nos indicara las conexiones principales que se deberán de instalar en el arreglo de tubería, tal como lo son válvulas, válvulas de control, instrumentos (medidores de presión, temperatura, controladores de nivel, etc.), en él debe de venir indicado el tipo de material (especificación), diámetro, cedula, rango y dirección del flujo dentro de la tubería a diseñar. Además de las notas especiales que se deban de considerar durante el diseño. Este el documento más importante para el diseñador de tuberías, ya que con el iniciara el proceso de diseño, selección de ruteos y análisis estructural básico.

- **AGT (Arreglo General de Equipos).**

Son los planos que se usan para la construcción de los equipos, tanques horizontales y verticales, torres, intercambiadores, filtros, bombas, equipos paquete, etc. El diseñador de tuberías es el responsable de indicar, con la ayuda de estos planos, la localización y orientación de boquillas para los equipos, esto facilita de manera inmensurable el diseño de la planta.

- **Isométrico:**

Es la representación unifilar de una tubería, o tramo de ella, en proyección isométrica, es decir tridimensionalmente localizando cada plano dimensional a un ángulo de 120° con respecto del otro. Generalmente una línea se divide en varias hojas para su representación y por cada hoja se genera un isométrico, así es más fácil su representación y trabajo.



- **Criterios principales de diseño de tuberías.**

En esta sección de tesis se centrará específicamente en los principales criterios de diseño de tuberías y las consideraciones que se deben tomar para un arreglo limpio, funcional y con la menor cantidad de accesorios para su bajo coste.

Cabe recordar que el diseño de tuberías depende de la experiencia, lógica y la funcionalidad que le de cada diseñador para su fácil mantenimiento y operación. El diseñador de debe acoplar a lo que marcan las normas o códigos de ingeniería teniendo en cuenta que solo son guías en el diseño y que no obstante se pueden realizar cambios en la ingeniería previa autorización o aprobación del cliente. El diseño de un sistema de tuberías consiste en el arreglo, es decir el acomodo localización y orientación, de sus tuberías, bridas, empaques, válvulas, accesorios, filtros, trampas de vapor, juntas de expansión, venteos y drenajes.

También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, soportes de pie, anclajes, guías, resortes, colgantes y soportes especiales, pero no incluye el diseño de las estructuras para fijar los soportes, tales como cimentaciones, estructuras armadas o marcos de acero o concreto. Aun en el caso de que los soportes sean diseñados por un ingeniero estructural, el diseñador mecánico de tubería debe conocer el diseño de los mismos, por la interacción directa entre tuberías y soportes.

A continuación, se enuncian algunos de los principales criterios de diseño de tuberías:

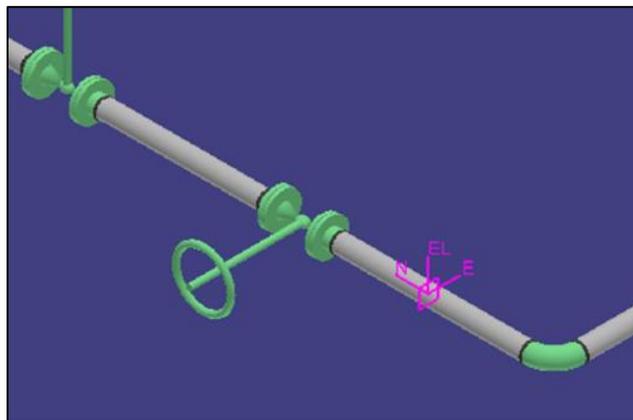


FIGURA 4-1. Diseño de tuberías en plataforma de trabajo Smart Plant 3D.



- 1) La separación mínima entre soldaduras circunferenciales adyacentes en arreglos de tuberías debe ser como mínimo un diámetro en tuberías de 3" y mayores.
- 2) Los arreglos y distribución de tuberías se deben y agrupar de tal manera que su instalación sea funcional, sencilla, segura y económica, además de presentar facilidad de constructabilidad, operación y mantenimiento, así como establecer los espacios necesarios para las rutas de acceso y escape para emergencia.
- 3) En trayectorias largas de tuberías se especifican tamaños de tuberías de 12m para diámetros de 3" en adelante y 6m para diámetros de 2" y menores por tanto los tramos de tuberías no deben ser menores a estas cantidades a menos de que se consideren carretes de ajuste al momento de la construcción.
- 4) Las conexiones íntegramente reforzadas se deben especificar con el diámetro del ramal y diámetro del cabezal, cuya función del diseñador es basarse en una tabla de ramales para su aplicación.

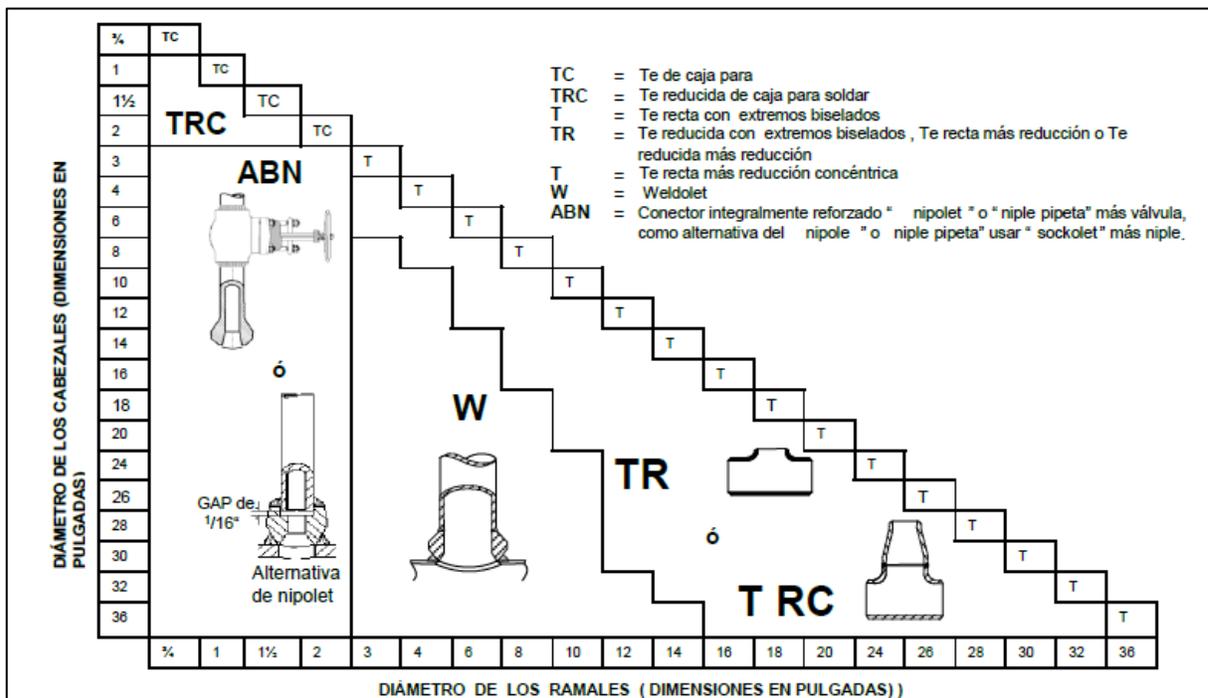


FIGURA 4-2. Ejemplo de representación de tabla de ramales para interconexiones de diámetro mayores a menores.



- 5) Las uniones roscadas solo se deben utilizar en servicios donde las sustancias no sean peligrosas, no erosivas y cuyas presiones sean menores a 300 psi.

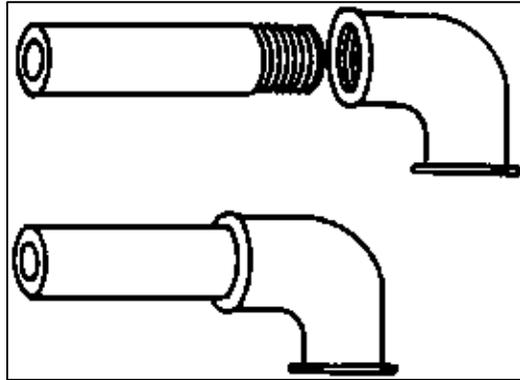


FIGURA 4-3. Representación de la unión de una tubería con un codo de 90° roscado.

- 6) No se permiten soldaduras socket weld en servicios donde el fluido sea corrosivo o cuya vibración mecánica sea severa.
- 7) Las válvulas deben ser accesibles al operador.
- 8) Los arreglos de válvulas de control deben tener paso de derivación o desvíos (by-pass) que deben incluir 2 válvulas de bloqueo manuales uno por cada lado y un directo o desvío con válvula que le permita mantener la operación del sistema de tubería.

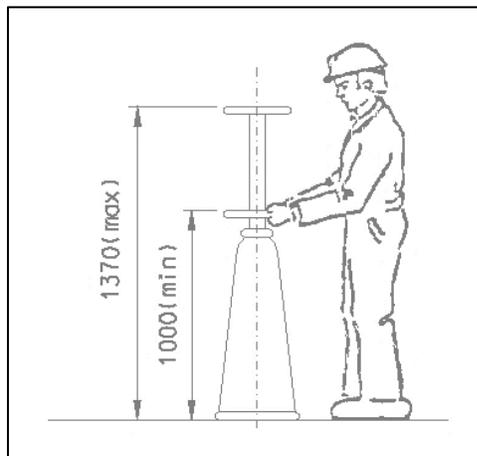


FIGURA 4-4. Representación de operación de una válvula.



- 9) Los arreglos de tuberías no deben incluir piernas muertas que rebasen los 2 diámetros de acuerdo al tamaño de tubería que se esté trabajando.
- 10) Añadir venteos y drenes en los puntos más altos y bajos para la prueba hidrostática.
- 11) Venteos y drenajes de sustancias peligrosas o contaminantes al ambiente se deben interconectar en sistemas cerrados de tuberías, jamás al piso o atmosfera.
- 12) Los arreglos de tuberías deben permitir el libre acceso rápido y fácil al equipo e instrumentos para su operación y mantenimiento.

4.2.2 Selección de un acero inoxidable para un fluido (tipo de agua) particular.

Las plantas de ósmosis inversa (RO) se usan para tratar una amplia variedad de composiciones de agua, incluyendo agua de mar. Los aceros inoxidables se adaptan bien al requisito de RO ya que su resistencia a la corrosión acuosa es alta, evitando así los posibles iones de incrustación de la membrana que contaminan el proceso.

Desafortunadamente, algunos aceros inoxidables son propensos a corrosión por picaduras y hendiduras en ciertas aguas, especialmente las que contienen cloruros. Se necesita un gran cuidado en la selección del grado óptimo de acero inoxidable para un agua particular a fin de evitar costosos fallos de corrosión sin especificar un material altamente aleado y caro.

Muchos factores influyen en la corrosión, incluyendo la composición del acero y del medio ambiente, la temperatura, el caudal, las dimensiones del recipiente (ancho y profundidad), etc.

Esto da lugar a una dispersión muy amplia en los resultados de las pruebas. No obstante, se ha desarrollado una técnica de modelado matemático para evaluar la resistencia a la indicación de ataque. Esta técnica tiene en cuenta muchos de los factores descritos anteriormente y permite hacer predicciones sobre el comportamiento de los aceros inoxidables bajo condiciones de corrosión.



La técnica consiste en realizar mediciones electroquímicas que se utilizan para derivar un factor CCR (resistencia a la corrosión) que puede utilizarse, por ejemplo, para comparar la resistencia de diferentes aleaciones.

La posición relativa de diferentes aleaciones se correlaciona bien con las pruebas de exposición en agua de mar. Aunque se han desarrollado muchos métodos de prueba para comparar diferentes aleaciones, el modelo se ha desarrollado para permitir la predicción de qué nivel De CCR es necesario para un conjunto particular de condiciones.

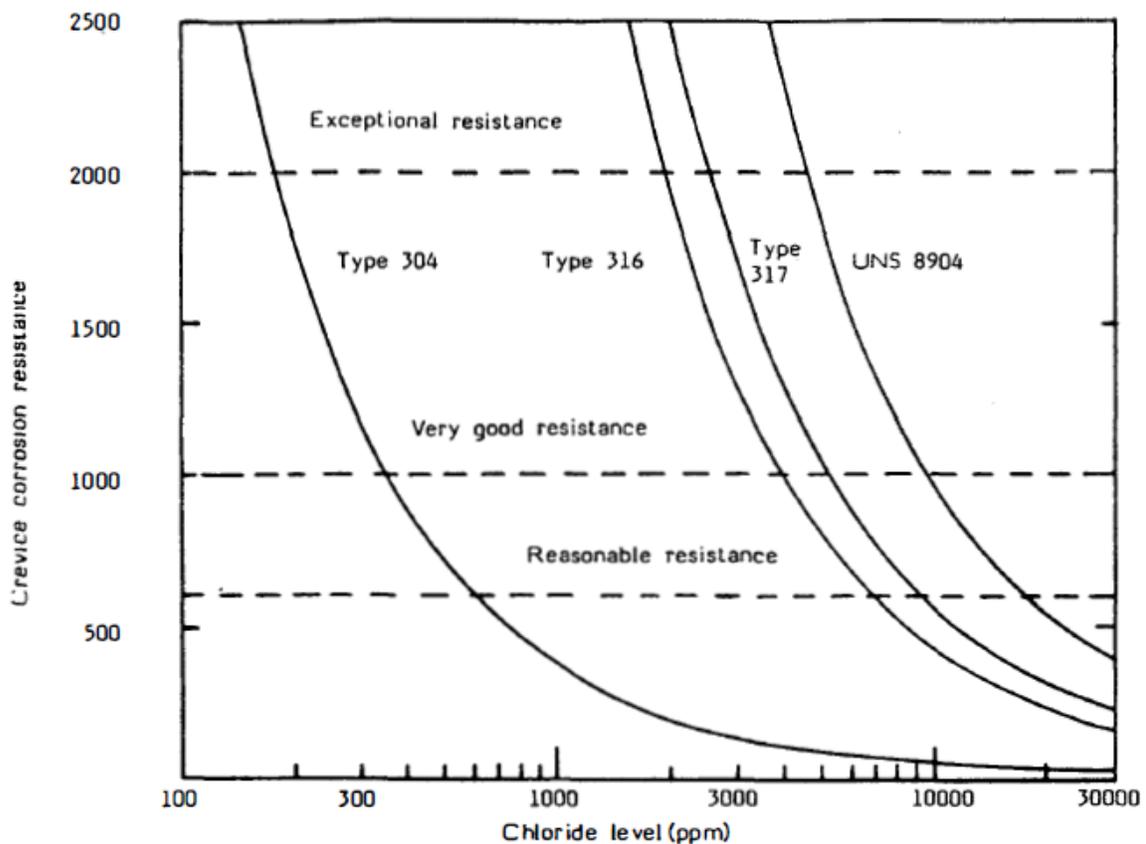


FIGURA 4-5. Clasificación de varios aceros inoxidable y aleaciones de base de Cr-Ni en agua de mar.



4.3 Generación de isométricos

Los dibujos Isométricos.- Son el documento más importante para el diseñador de tuberías, con este dibujo se hará realidad su idea, es el documento que se entrega al constructor para que erija la línea, por lo tanto debe de ir con una calidad y una presión impecables, es un documento, no muy complejo, pero de alta importancia, de manera sencilla lo puede llamar “el producto de un diseñador de tuberías” ya que este será el que se entregue al cliente y además es por lo que se obtiene una remuneración económica. Debe de contener ciertos datos básicos:

- Indicado el norte de la planta. (Generalmente se indica hacia arriba y a la derecha, en la parte superior izquierda del dibujo)
- El nombre (en iniciales) y firma del diseñador, checador, analista flexible, ingeniero de materiales y del supervisor de diseño.
- Los datos y condiciones de operación y diseño de la línea.
- La presión de prueba hidrostática.
- Los detalles especiales de fabricación de la línea.
- El arreglo de tuberías.
- La lista de materiales a usar.
- Las especificaciones de pintura y soldadura.
- Las coordenadas de conexión a equipos y/o a continuaciones de línea.
- Las soldaduras de campo y de taller.
- Las acotaciones respectivas del arreglo de tuberías.
- El plano de localización en la planta (en caso de ser requerido).
- Las notas especiales que puedan ser de importancia durante la construcción de la línea.
- La localización de los soportes con la nomenclatura indicada en los detalles de fabricación de los mismos.
- El sentido de flujo de la línea.



- El número de línea.
- El tipo de aislamiento y su espesor (sí es que lo requiere).
- El diámetro de la línea.
- Indicar si la línea llevara traza o no.
- Si el material llevara tratamiento térmico posterior a la soldadura de la línea
- El lugar de construcción: Campo o Taller
- El tipo de fluido que llevara la tubería (servicio)
- Las coordenadas de conexión a instrumentos y el número o tipo de instrumento.
- Fecha de emisión y de aprobación para construcción.

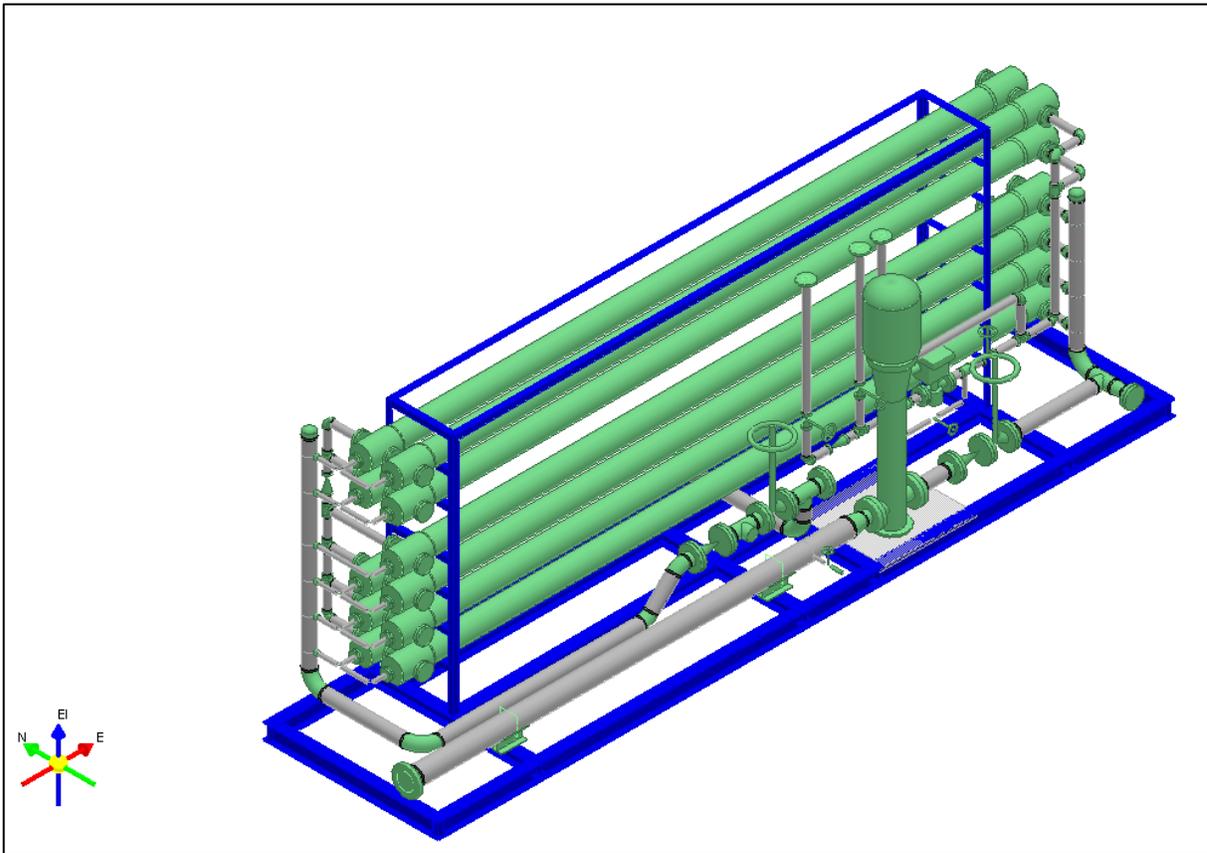


FIGURA 4-6. Maqueta electrónica del diseño de Ósmosis inversa (vista isométrica).

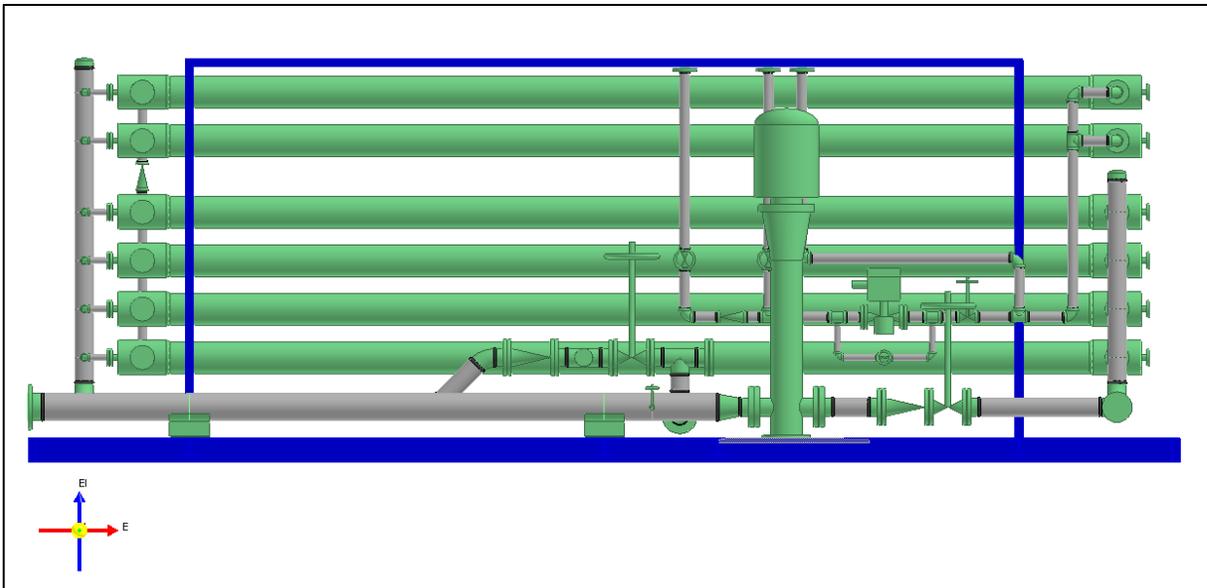


FIGURA 4-7. Maqueta electrónica del diseño de Ósmosis inversa (vista elevación).

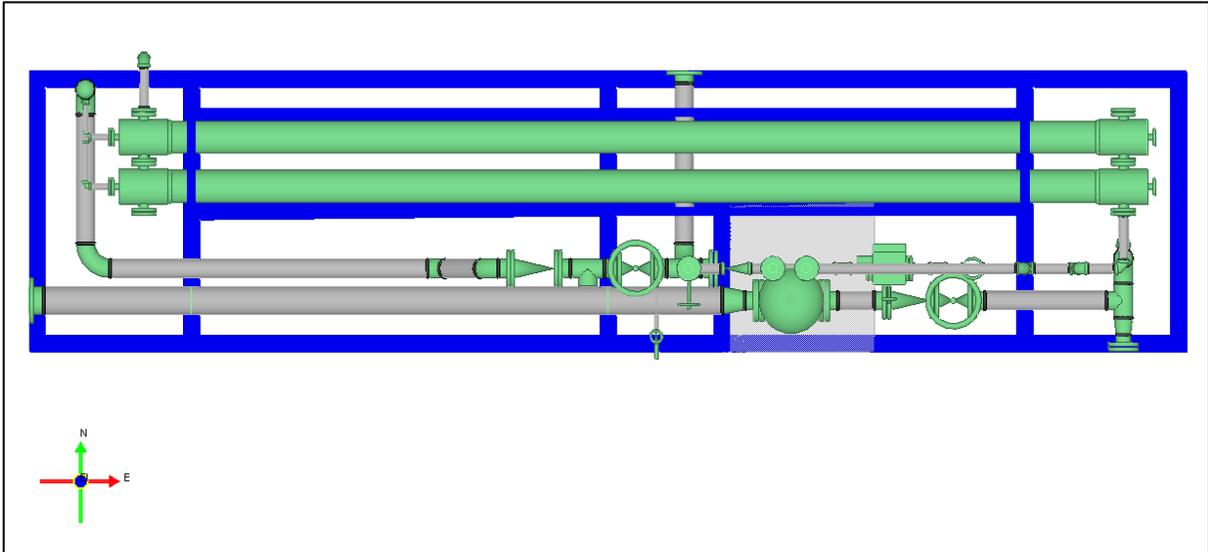


FIGURA 4-8. Maqueta electrónica del diseño de Ósmosis inversa (vista planta).

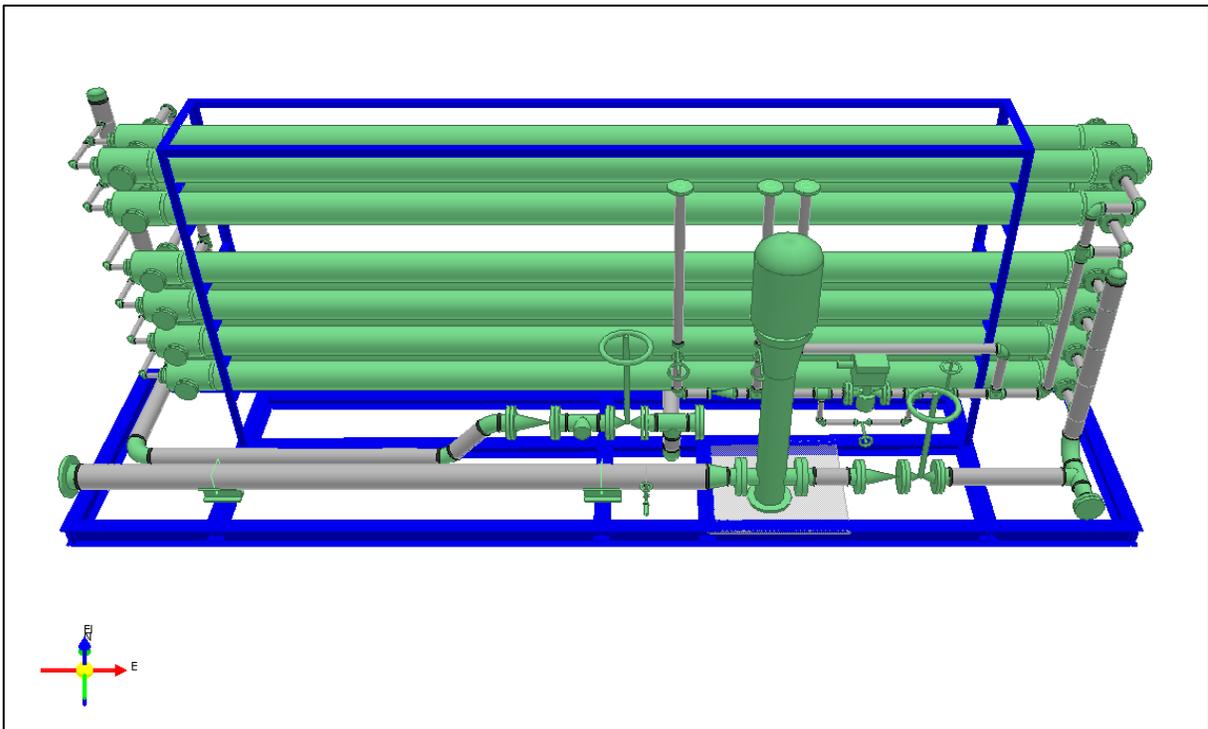


FIGURA 4-9. Maqueta electrónica del diseño de Ósmosis inversa (vista aérea).



4.4 Conclusión.

La ósmosis inversa como tecnología de punta en los diversos procesos industriales en la cual se requiere agua como medio fundamental en la fabricación de un producto o como materia prima principal es una importante inversión que conlleva ahorros económicos y a su vez un contacto amigable con el medio ambiente por su constante reúso. La combinación del acero inoxidable y el agua salada como recurso natural en cierto punto inagotable da como resultado una brecha hacia el futuro del avance tecnológico que podría ser aplicado un sinnúmero de propósitos.

El trabajo en conjunto de los ingenieros mecánicos, eléctricos e industriales entrega un mejor resultado en la fabricación de la ósmosis inversa, eleva los estándares de calidad que hacen rentable a los equipos y fomenta hábitos culturales para las nuevas generaciones.

La importancia del conocimiento del diseño tuberías nos hace mirar a nuestro entorno cotidiano y enfatizar en su amplio uso, no solo en las aplicaciones farmacéuticas, si no en las industrias energéticas, termoeléctricas, calderas, oil & gas como aplicaciones de ingeniería de alto impacto.

Mi recorrido en el ámbito de las tuberías, construcción, ensamble y diseño me obliga a realizar esta tesis por su vasta aplicación como ingeniero mecánico especialista en diseño y poder transmitir a futuras generaciones que han quedado atrás las percepciones de que el ingeniero mecánico solo debe ser automotriz o de mantenimiento en empresas de consumo, si no que dada nuestra formación y trayectoria podemos competir en este tipo de labores con carreras de ingeniería petrolera por puestos de petroquímica y plataformas petroleras.

Un buen diseño de tuberías depende de las prácticas de ingeniería que el profesional ha recabado en sus años de trayectoria, depende de las normas vigentes o más actualizadas que se tengan en el país donde radique, depende del criterio como diseñador de establecer una postura y poder decir que se tiene un buen diseño por “x”



razones y depende de la formación cultural que se tenga en cuestión de la infinidad de fuentes bibliográficas que existen y con base a experiencias y recomendaciones poder decir que tenemos una buena fuente para el diseño.

Se debe tomar en cuenta que el diseño de tuberías, diseño estructural, cálculo de esfuerzos entre otros, depende de las condiciones en campo o de las instalaciones del cliente. Las entradas y salidas de servicios (fluidos en la tubería) están delimitadas por las instalaciones existentes que se tengan y de los trabajos para poder proveer y/o hacernos de ese servicio. Es muy importante tomar en cuenta que para esos trabajos se realizan levantamientos en sitio con equipo especialista en el área tales como:

- Cuadrilla de topógrafos: Responsables de proveer las coordenadas de las instalaciones existentes (norte, este, elevación).



FIGURA 4-10. Ejemplo de toma de coordenadas de racks de tuberías.



- Toma de espesores: Responsable de verificar, inspeccionar y aprobar las condiciones y espesor de una tubería para realizar una interconexión. (Libranza/hot tap).



FIGURA 4-11. Toma de espesores de una tubería previamente marcada.

- Levantamientos en sitio: Herramienta fundamental para diferentes disciplinas en donde se realizan medidas y bosquejos preliminares del área existente de trabajo.



FIGURA 4-12. Levantamiento de casa de bombas existente.



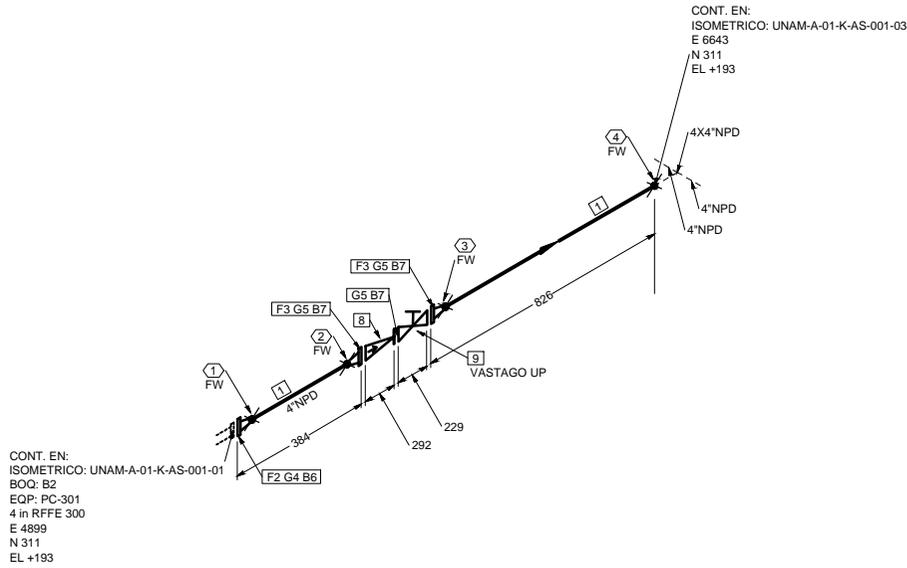
El trabajo en conjunto de todas las disciplinas y levantamientos previos al diseño dan como resultado un buen proyecto de ingeniería en donde se puede garantizar la viabilidad del proceso y buen funcionamiento en la mayor cantidad de tiempo.



FIGURA 4-13. Ósmosis inversa de acero inoxidable 316 para una aplicación petrolera.



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-AS-001-01
BOQ: B2
EQP: PC-301
4 in RFFE 300
E 4899
N 311
EL +193

CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-AS-001-03
E 6643
N 311
EL +193

MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 10S S/COSTURA AC. INOX. A312 316/316L	4	5364670	FBA	1.0 M
2	BRIDA WN 300# RF A182 GR F316/F316L BORE 10S	4	5582991	FBA	1
3	BRIDA WN 150# RF A182 GR F316/F316L BORE 10S	4	5582721	FBA	2
4	EMPAQUE 300# DEV.ESPIRAL THERMICULITE/316 INOX. ANILLO CENT. E INT/ CGI SS	4	5673181	FAA	1
5	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL THERMICULITE/316 INOX. ANILLO CENT. E INT/ CGI SS	4	5673180	FAA	3
6	ESPARRAGO A193 GR B8M CL. 2 C/TUERCAS A194 GR 8M PESADAS - 4.75 in. Length	3/4	5675681	FAA	8
7	ESPARRAGO A193 GR B8M CL. 2 C/TUERCAS A194 GR 8M PESADAS - 3.75 in. Length	5/8	5675681	FAA	24
8	RETENCION 150# RF TP COLUMPIO A351 GR CF8M / API TRIM 12	4	5257712	FAA	1
9	COMPUERTA 150# RF/A351 GR CF8M/ API TRIM 12	4	5251875	FAA	1

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	MATL.	ELEV	PROC	INSTRUJ.	MEC.	TIPO DE FABRICACION	ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M.	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	EN TALLER SI EN CAMPO NO	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA
											REQUERIMIENTO DE TRAZA NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)
											REVISION POR FLEXIBILIDAD NO	% RADIOGRAFIADO 33
											PLANDOS DE REFERENCIA	TRATAMIENTO TERMICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS NO
											UNAM-A-1-K-PL-0001	RECOBRIMIENTO POR SISTEMA NO
											UNAM-A-1-K-PL-0002	RECOBRIMIENTO POR SISTEMA NO
											DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)	RECOBRIMIENTO POR SISTEMA NO
											UNAM-A-1-A-DTI-0001	RECOBRIMIENTO POR SISTEMA NO
											ASLAMIENTO POR ESPESOR	0 in

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	4"	BW
2	C	4"	BW
3	C	4"	BW
4	C	4"	BW

DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PROCURA DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PREARRANQUE, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO					
NUMERO DE DIBUJO	SERVICIO				
UNAM-A-01-K-AS-001-02	AS. AGUA DE SERVICIOS				
PRENSION (Psi / Kg. / cm ²)	TEMP (°C)				
DISEÑO 5.50	60.00				
OPERACION 3.70	32.00				
DIAMETRO	FLUIDO	NO LINEA	ESPEC.	ASLAM.	HOMA NO
4	AS	001	T-A61T3	N	02

UNAM
CUAUTITLÁN



DIBUJADO POR:
A.C.M.

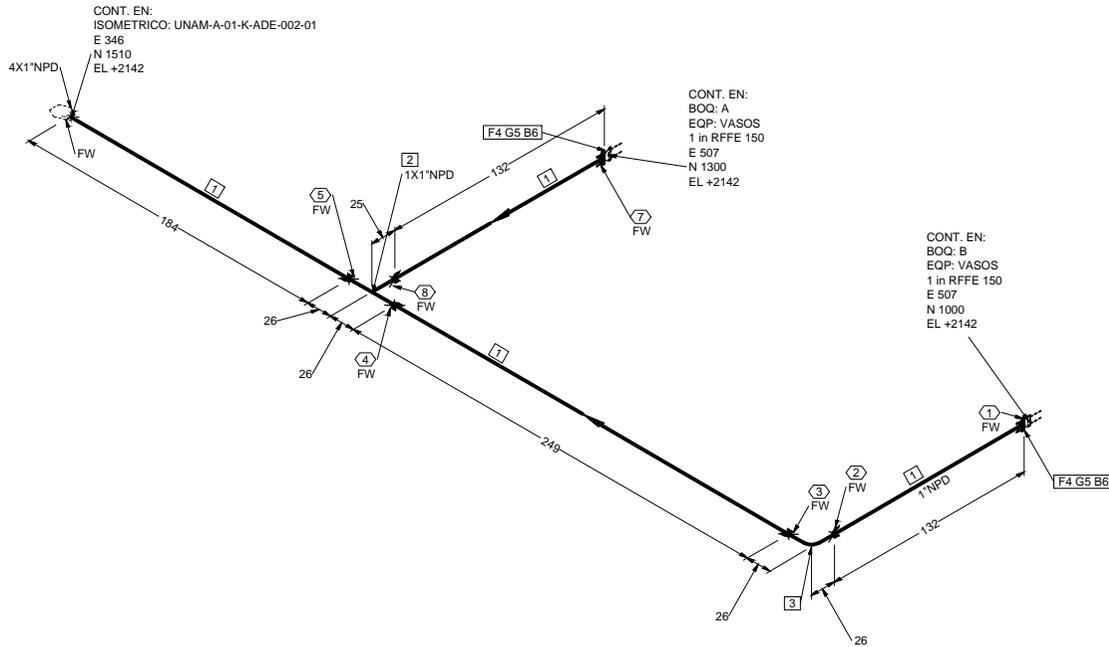
FECHA:
FEBRERO 2017

PROY UNAM FESC NO.	AREA	UNIDAD
0001	A	01

CONTRATO No.	CIRCUITO	REV.
UNAM FESC 0001	N/A	0



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-ADE-002-01
E 346
N 1510
EL +2142

CONT. EN:
BOQ: A
EQP. VASOS
1 in RFFE 150
E 507
N 1300
EL +2142

CONT. EN:
BOQ: B
EQP. VASOS
1 in RFFE 150
E 507
N 1000
EL +2142

MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 80S S/C INOX A312 TP 304	1	5363648	FSA	0.7 M
2	TE 3000# SW A182 F304	1X1	5479780	FSA	1
3	CODO 90 3000# SW A182 F304	1	5479778	FSA	1
4	BRIDA SW 150# RF A182 F304 BORE 80S	1	5607040	FSA	2
5	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/304 INOX. ANILLO CENT. E INT/ OGI	1	5672160	FAA	2
6	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 2.75 in. Length	1/2	5675679	FAA	8

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	M.T.	R.EIB	PROC	INSTRUJ.	REG.	TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA		
											EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	NO	
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X		EN CAMPO	NO	RADIOGRAFADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
												REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFADO	33
												REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO		
												PLANOS DE REFERENCIA	TRATAMIENTO TERMICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	NO	
												UNAM-A-1-K-PL-0001			
												UNAM-A-1-K-PL-0002			
												DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)	RECUBRIMIENTO POR SISTEMA	NO	
												UNAM-A-1-A-DTI-0001	ABSLAMIENTO POR ESPESOR	0 in	

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	1"	SW
2	C	1"	SW
3	C	1"	SW
4	C	1"	SW
5	C	1"	SW
7	C	1"	SW
8	C	1"	SW

NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-001-01		ADE, AGUA DESMINERALIZADA	
PRESSION (Psi/ton/Atmos)	TEMP (°C)	FASE	PRESSION PRUEBA (Psi/ton/Atmos)
3.00	50.00	L	H
OPERACION	FLUIDO	NO LINEA	ESPEC.
2.00	ADE	001	T-A05T3
DIAMETRO	FLUIDO	NO LINEA	ESPEC.
1	ADE	001	T-A05T3

UNAM CUAUTILÁN

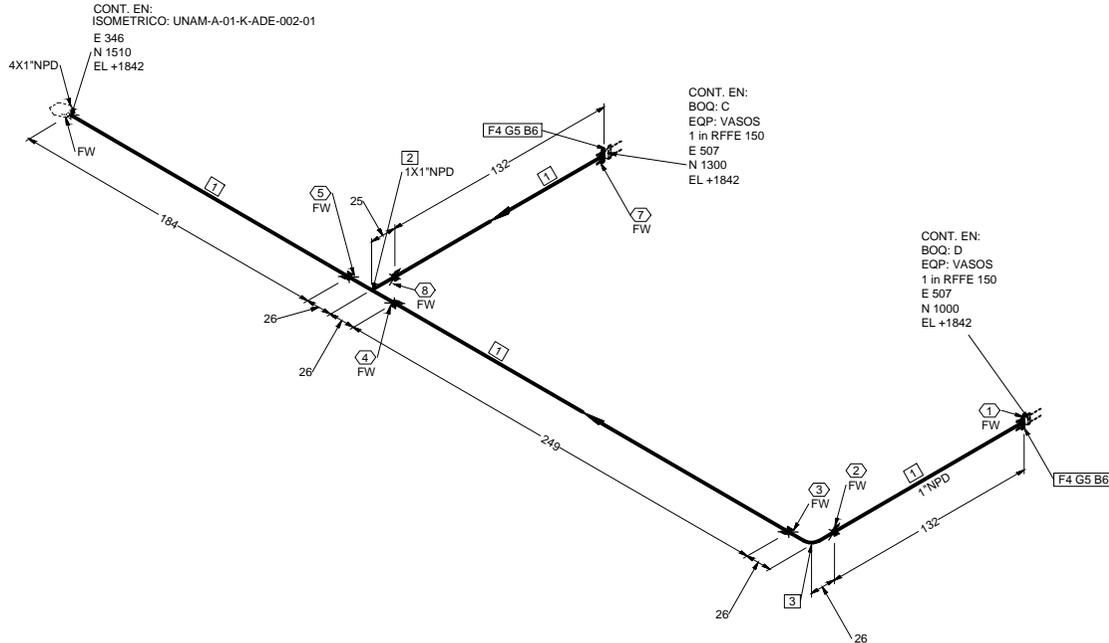
DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PROCURA DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE, CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PREPARACION, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO

DIBUJADO POR: **A.C.M.**

FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO. **0001** AREA **A** UNIDAD **01**

CONTRATO No. **UNAM FESC 0001** CIRCULO **N/A** REV **0**



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM

MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 80S S/C INOX A312 TP 304	1	5363648	FSA	0.7 M
2	TE 3000# SW A182 F304	1X1	5479780	FSA	1
3	CODO 90 3000# SW A182 F304	1	5479778	FSA	1
4	BRIDA SW 150# RF A182 F304 BORE 80S	1	5607040	FSA	2
5	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/ 304 INOX. ANILLO CENT. E INT/ OGI	1	5672160	FAA	2
6	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 2.75 in. Length	1/2	5675679	FAA	8

CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-ADE-002-01
E 346
N 1510
EL +1842

CONT. EN:
BOQ: C
EQP: VASOS
1 in RFFE 150
E 507
N 1300
EL +1842

CONT. EN:
BOQ: D
EQP: VASOS
1 in RFFE 150
E 507
N 1000
EL +1842

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	QUECO	APROB	INTL	REIB	PROG	INSTRJ	MIC.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M	DD/MM/AAAA	X	X	X	X	X	X	X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TERMICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002			
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)		RECUBRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
		ABLAMIENTO POR ESPESOR	
		0 in	

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	1"	SW
2	C	1"	SW
3	C	1"	SW
4	C	1"	SW
5	C	1"	SW
7	C	1"	SW
8	C	1"	SW

NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-001-02		ADE, AGUA DESMINERALIZADA	
DISEÑO	OPERACION	PRESION (Psi/100' Pies)	TEMP. (°C)
2.00	30.00	3.00	50.00
DIAMETRO	FLUIDO	NO LINEA	ESPEC.
1	ADE	001	T-A05T3
			ASLAM
			HOLA NO
			02

UNAM CUAUTITLÁN

DIBUJADO POR: **A.C.M.**

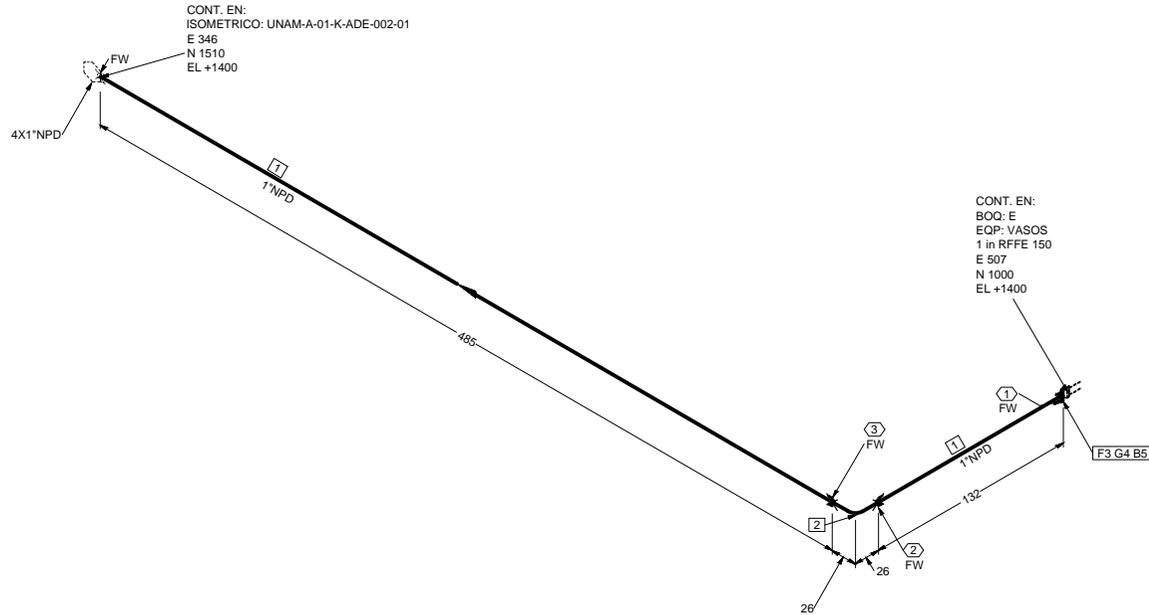
FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO. **0001** AREA **A** UNIDAD **01**

CONTRATO No. **UNAM FESC 0001** CIRCULO **N/A** REV. **0**



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 80S S/C INOX A312 TP 304	1	5363648	FBA	0.7 M
2	CODO 90 3000# SW A182 F304	1	5479778	FBA	1
3	BRIDA SW 150# RF A182 F304 BORE 80S	1	5607040	FBA	1
4	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/ 304 INOX. ANILLO CENT. E INT./CGI	1	5672160	FAA	1
5	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 2.75 in. Length	1/2	5675679	FAA	4

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	MTR.	REIB	PROC	INSTRAL	REC.	TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA		
											EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	NO	
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M.	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	NO	
												REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO		
												REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO		
												% RADIOGRAFIADO	33		
												PLANOS DE REFERENCIA	TRATAMIENTO TECNICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	NO	
												UNAM-A-1-K-PL-0001	RECURRIMIENTO POR	SISTEMA	NO
												UNAM-A-1-K-PL-0002	ASLAMIENTO POR	ESPAESOR	0 in
												UNAM-A-1-A-DTI-0001			

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	1"	SW
2	C	1"	SW
3	C	1"	SW

PROYECTO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-001-03		ADE, AGUA DESMINERALIZADA	
DISENO	OPERACION	PRESION (Psi / con T=amb)	TEMP. (°C)
1	2.00	3.00	50.00
2	30.00		
DIAMETRO	FLUIDO	NO. LINEA	ESPEC.
1	ADE	001	T-A05T3
			ASLAM.
			HOUJA NO
			03

UNAM CUAUTITLÁN

DISEÑADO POR: **A.C.M.**

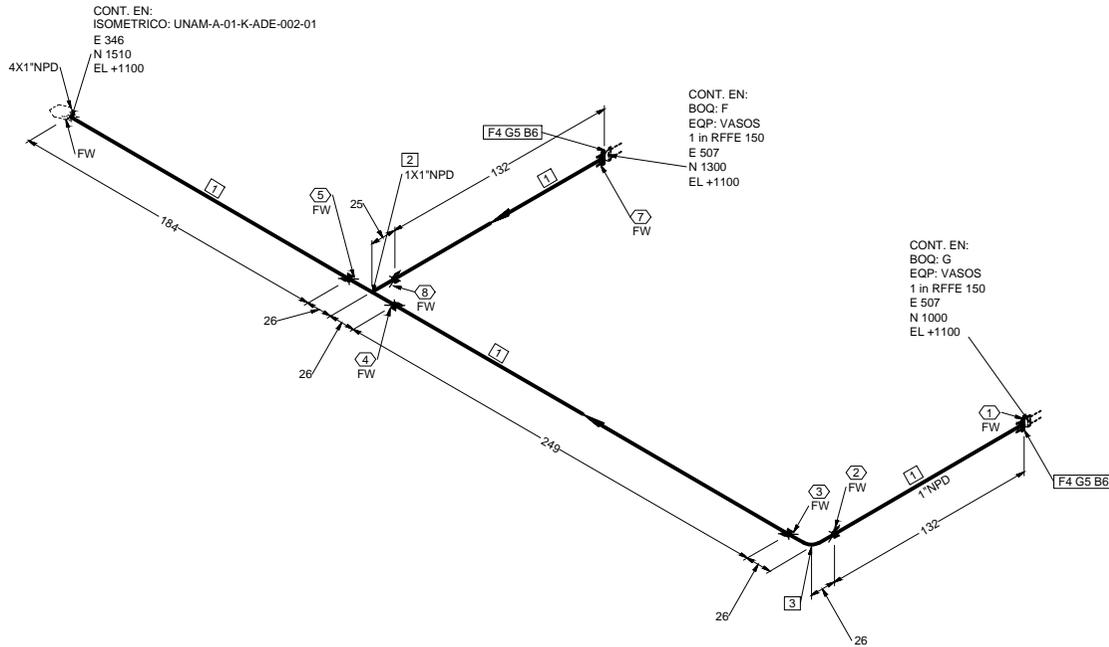
FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO. **0001** AREA **A** UNIDAD **01**

CONTRATO No. **UNAM FESC 0001** CIRCULO **N/A** REV. **0**



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 80S S/C INOX A312 TP 304	1	5363648	FSA	0.7 M
2	TE 3000# SW A182 F304	1X1	5479780	FSA	1
3	CODO 90 3000# SW A182 F304	1	5479778	FSA	1
4	BRIDA SW 150# RF A182 F304 BORE 80S	1	5607040	FSA	2
5	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/304 INOX. ANILLO CENT. E INT/ OGI	1	5672160	FAA	2
6	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 2.75 in. Length	1/2	5675679	FAA	8

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	INTL	REIB	PROC	INSTRUM	REC.	TIPO DE FABRICACION	ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	EN TALLER SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA
											EN CAMPO NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)
											REQUERIMIENTO DE TRAZA NO	% RADIOGRAFIADO
											REVISION POR FLEXIBILIDAD NO	33
											PLANCOS DE REFERENCIA	TRATAMIENTO TECNICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS
											UNAM-A-1-K-PL-0001	NO
											UNAM-A-1-K-PL-0002	NO
											DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)	RECUBRIMIENTO POR SISTEMA
											UNAM-A-1-A-DTI-0001	NO
											ASLAMIENTO POR ESPESOR	0 in

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	1"	SW
2	C	1"	SW
3	C	1"	SW
4	C	1"	SW
5	C	1"	SW
7	C	1"	SW
8	C	1"	SW

PROYECTO	NUMERO DE DIBUJO	SERVICIO
DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PRODUCCION DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE, CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PREARRANQUE, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO	UNAM-A-01-K-ADE-001-04	ADE, AGUA DESMINERALIZADA

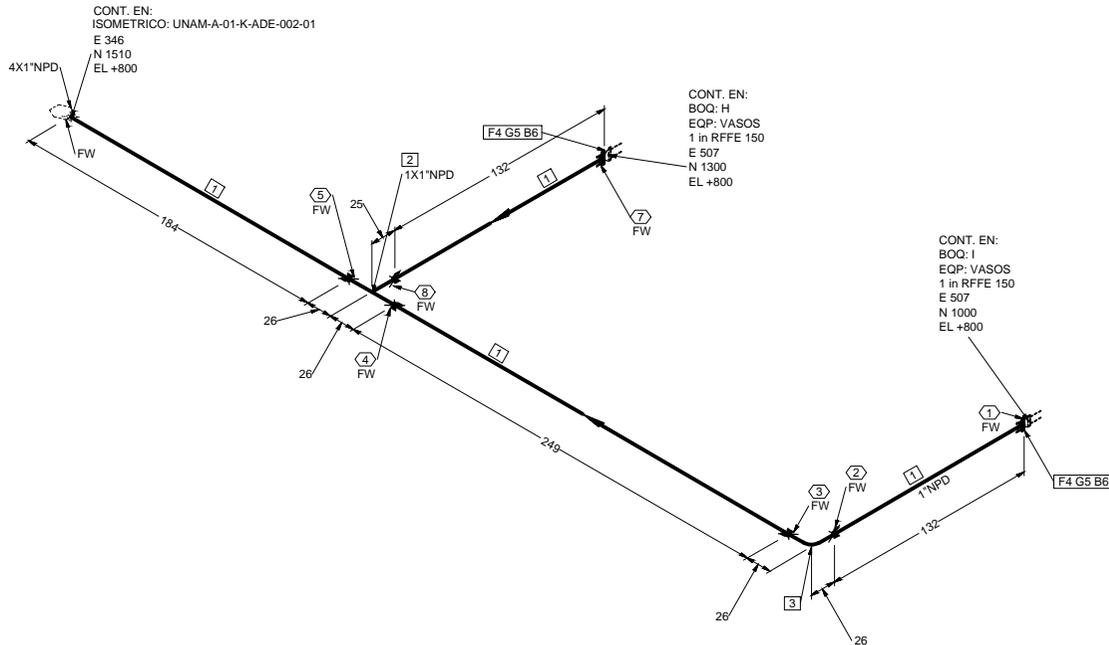
UNAM CUAUTITLÁN

DIBUJADO POR: **A.C.M.**

FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO.: **0001** AREA: **A** UNIDAD: **01**

CONTRATO No.: **UNAM FESC 0001** CIRCULO: **N/A** REV: **0**



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM

MATERIAL CAMPO				
NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB CANT
1	TUBO CED 80S S/C INOX A312 TP 304	1	5363648	FSA 0.7 M
2	TE 3000# SW A182 F304	1X1	5479780	FSA 1
3	CODO 90 3000# SW A182 F304	1	5479778	FSA 1
4	BRIDA SW 150# RF A182 F304 BORE 80S	1	5607040	FSA 2
5	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/ 304 INOX. ANILLO CENT. E INT/ OGI	1	5672160	FAA 2
6	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 2.75 in. Length	1/2	5675679	FAA 8

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	MTR.	FLWB	PROC	INSTAL.	REC.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	A.C.M	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TECNICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002		NO	
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)		RECUBRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
AISLAMIENTO POR		ESPAESOR	
		0 in	

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	1"	SW
2	C	1"	SW
3	C	1"	SW
4	C	1"	SW
5	C	1"	SW
7	C	1"	SW
8	C	1"	SW

NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-001-05		ADE. AGUA DESMINERALIZADA	
PRESION (Psi/ Kg/ Cent)	TEMP. (°C)	FASE	PRESION PRUEBA (Psi/ Kg/ Cent)
3.00	50.00	L	H 4.5
OPERACION	NO LINEA	ESPEC.	HOJA NO
2.00		T-A05T3	05
DIAMETRO	FLUIDO	NO LINEA	ESPEC.
1	ADE	001	T-A05T3



UNAM CUAUTITLÁN

PROY UNAM FESC NO. 0001

CONTRATO NO. UNAM FESC 0001

AREA A

CIRCUITO N/A

DIBUJADO POR A.C.M.

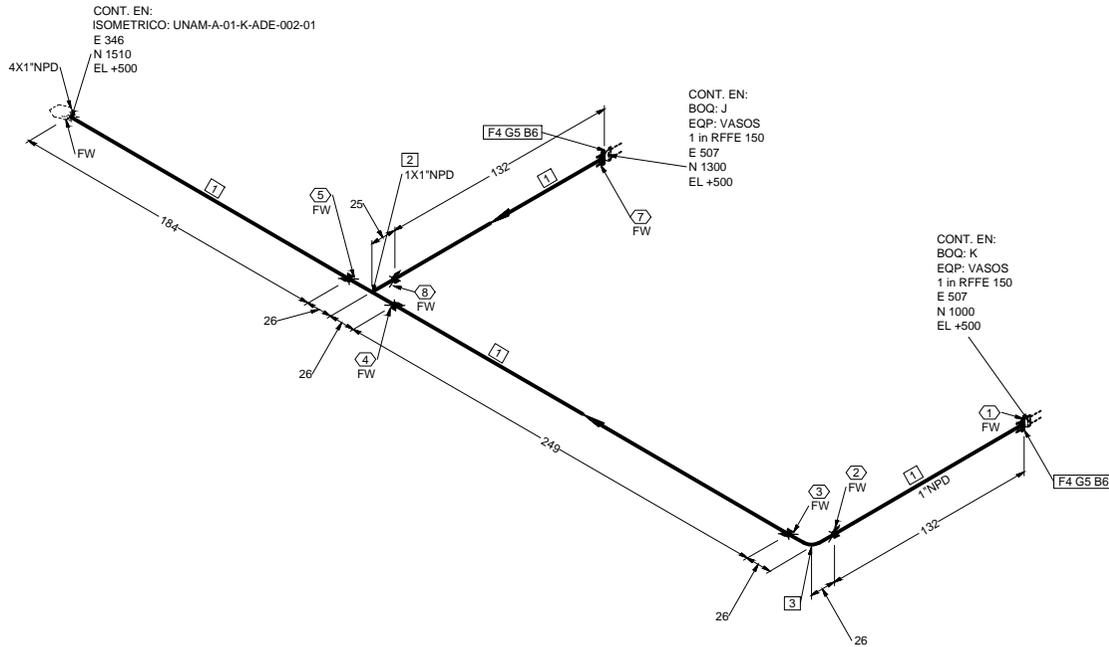
FECHA: FEBRERO 2017

UNIDAD 01

REV 0



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 80S S/C INOX A312 TP 304	1	5363648	FSA	0.7 M
2	TE 3000# SW A182 F304	1X1	5479780	FSA	1
3	CODO 90 3000# SW A182 F304	1	5479778	FSA	1
4	BRIDA SW 150# RF A182 F304 BORE 80S	1	5607040	FSA	2
5	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/304 INOX. ANILLO CENT. E INT/ OGI	1	5672160	FAA	2
6	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 2.75 in. Length	1/2	5675679	FAA	8

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	QUECO	APROB	MTR.	REIB	PROG	INSTRU.	MED.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	A.C.M	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X
▲										
▲										
▲										

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TERMICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002			
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)		RECUBRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
		AISLAMIENTO POR ESPESOR	
		0 in	

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	1"	SW
2	C	1"	SW
3	C	1"	SW
4	C	1"	SW
5	C	1"	SW
7	C	1"	SW
8	C	1"	SW

NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-001-06		ADE. AGUA DESMINERALIZADA	
PRESSION (Psi / cm ² / Kg/cm ²)	TEMP (°C)	FASE	PRESSION PRUEBA (Psi / cm ² / Kg/cm ²)
DISEÑO 3.00	50.00	L	H 4.5
OPERACION 2.00	30.00		
DIAMETRO	FLUIDO	NO LINEA	ESPEC. ASLAM HOJA NO
1	ADE	001	T-A05T3 N 06

UNAM
CUAUTITLÁN

PROY UNAM FESC NO. 0001
CONTRATO No. UNAM FESC 0001

DIBUJADO POR: A.C.M.

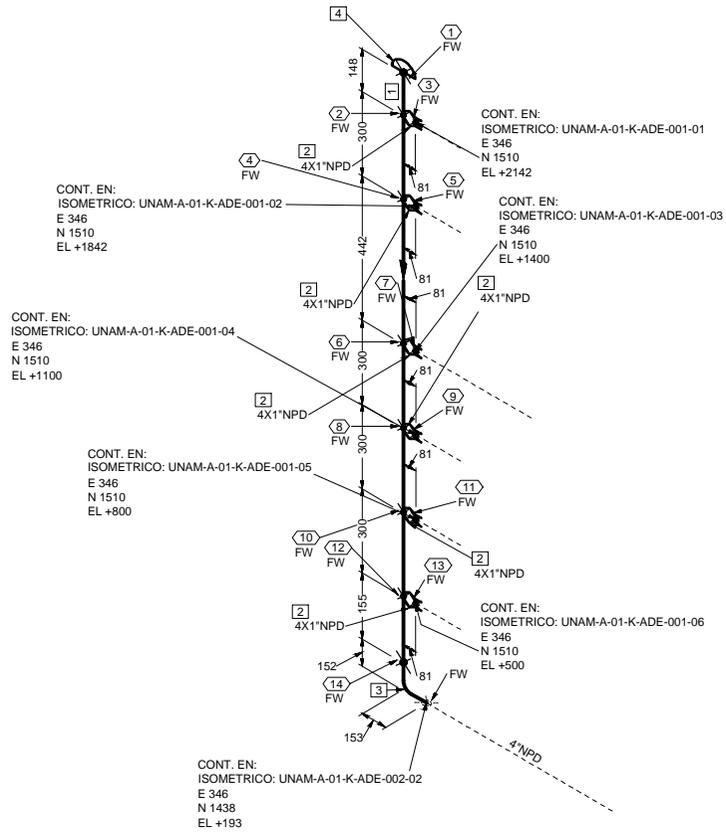
FECHA: FEBRERO 2017

AREA: A UNIDAD: 01

CIRCUITO: N/A REV: 0



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 10S S/C INOX A312 TP 304	4	5363642	FBA	2.0 M
2	SOCKOLET 3000# A182 F304	4X1	5535871	FSA	6
3	CODO 90 DEG LR CED 10S A403 WP304	4	5434528	FBA	1
4	TAPON GACHUCHA CED. 10S A403 WP304	4	5434538	FBA	1

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	4"	BW
2	C	1"	OL
3	C	1"	SW
4	C	1"	OL
5	C	1"	SW
6	C	1"	OL
7	C	1"	SW
8	C	1"	OL
9	C	1"	SW
10	C	1"	OL
11	C	1"	SW
12	C	1"	OL
13	C	1"	SW
14	C	4"	BW

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	MTL	E.D.B	PROC	INSTAL	MEC.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M.DD	MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TECNICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002			
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)		RECURRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
		AISLAMIENTO POR ESPESOR	
		0 in	

DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PRODUCCION DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE, CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PREARRANQUE, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO			
NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-002-01		ADE, AGUA DESMINERALIZADA	
PRESSION (Psi con Steam)	TEMP (°C)	FASE	PRESSION PRUEBA (Psi con Steam)
3.00	50.00	L	H
OPERACION	2.00		30.00
DIAMETRO		FLUIDO	NO LINEA
4		ADE	002
		ESPEC.	ASLAM
			HQJA NO
			01

UNAM CUAUTITLÁN

DISEÑADO POR: **A.C.M.**

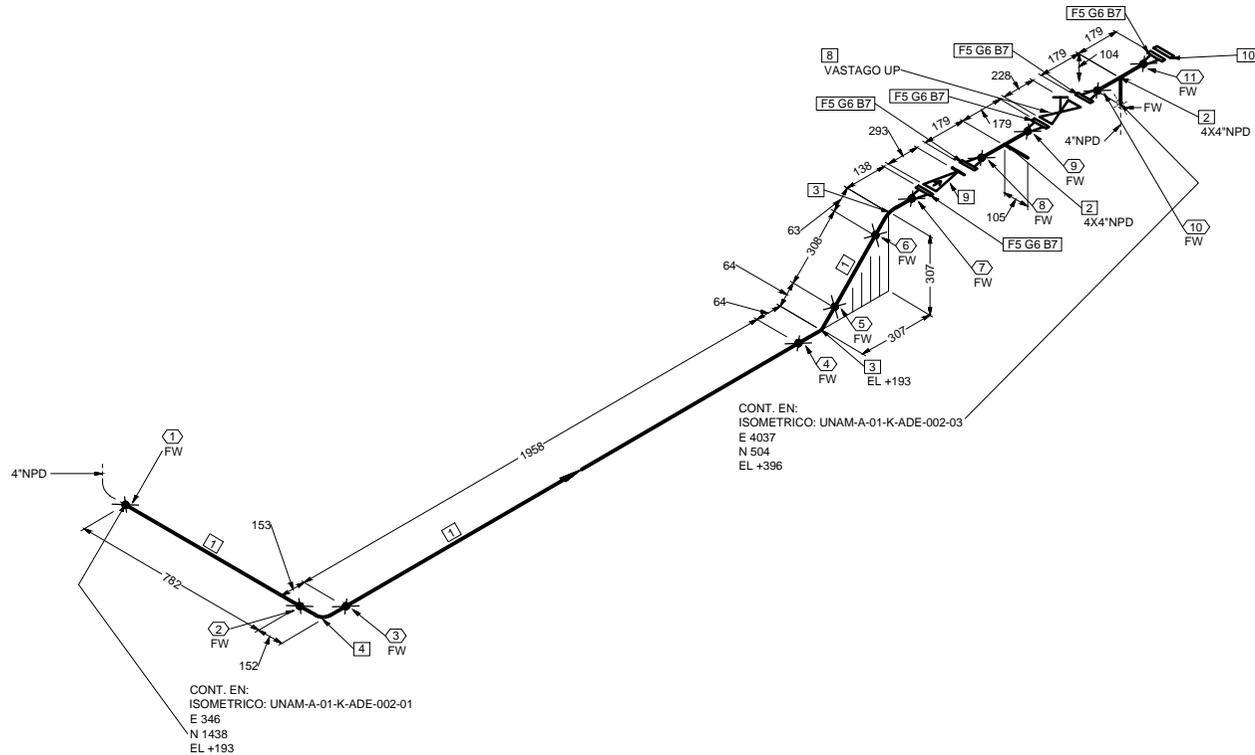
FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO. **0001** AREA **A** UNIDAD **01**

CONTRATO No. **UNAM FESC 0001** CIRCULO **N/A** REV. **0**



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-ADE-002-03
E 4037
N 504
EL +396

CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-ADE-002-01
E 346
N 1438
EL +193

MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 10S S/C INOX A312 TP 304	4	5363642	FBA	3.1 M
2	TE CED 10S A403 WP304	4X4	5434537	FBA	2
3	CODO 45 DEG CED 10S A403 WP304	4	5434534	FBA	2
4	CODO 90 DEG LR CED 10S A403 WP304	4	5434528	FBA	1
5	BRIDA WN 150# RF A182 304 BORE 10S	4	5574244	FBA	5
6	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/304 INOX. ANILLO CENT. E INT./CGI	4	5672160	FAA	5
7	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 3.75 in. Length	5/8	5675679	FAA	40
8	COMPUERTA 150# RF / A351 GR CF8 / API TRIM 12	4	5242508	FAA	1
9	RETENCION 150# RF TP COLUMPIO A351 GR CF8 / API TRIM 12	4	5242453	FAA	1
10	BRIDA CIEGA 150# RF A182 F304	4	5616268	FBA	1

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	MTL	FLNB	PROC	INSTAL	REC.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (RND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TECNICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002		NO	
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)		RECURRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
AISLAMIENTO POR		ESPAESOR	
		0 in	

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	4"	BW
2	C	4"	BW
3	C	4"	BW
4	C	4"	BW
5	C	4"	BW
6	C	4"	BW
7	C	4"	BW
8	C	4"	BW
9	C	4"	BW
10	C	4"	BW
11	C	4"	BW

DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PRODUCCION DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE, CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PREARRANQUE, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO			
NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-002-02		ADE, AGUA DESMINERALIZADA	
DISEÑO	OPERACION	PRENSION (Psi/100' Water)	TEMP. (°C)
3.00	2.00	50.00	30.00
DIAMETRO		FLUIDO	NO LINEA
4		ADE	002
ESPEC.		ASLAM	HOJA NO
T-A05T3		N	02

UNAM CUAUTITLÁN

DISEÑADO POR: **A.C.M.**

FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO. **0001** AREA **A** UNIDAD **01**

CONTRATO No. **UNAM FESC 0001** CIRCULO **N/A** REV. **0**



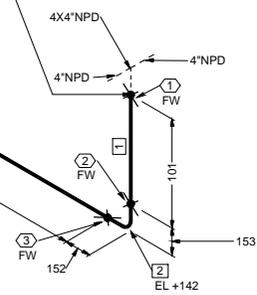
CONT. EN:
LIMITE DE BATERIAS, CONEXION CON CLIENTE



4" NPD

1043

CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-ADE-002-02
E 4037
N 504
EL +396



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM

MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 10S S/C INOX A312 TP 304	4	5363642	FBA	1.1 M
2	CODO 90 DEG LR CED 10S A403 WP304	4	5434528	FBA	1
3	BRIDA WN 150# RF A182 304 BORE 10S	4	5574244	FBA	1

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	INTL	EJEB	PROC	INSTRUM	MEC
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M.	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANCOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TERMICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002		NO	
DIAGRAMAS DE REFERENCIA / (DIT)		RECOBRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
AISLAMIENTO POR		ESPESOR	
		0 in	

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	4"	BW
2	C	4"	BW
3	C	4"	BW
4	C	4"	BW

DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PROCURA DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE, CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PREARRANQUE, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO			
NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-ADE-002-03		ADE, AGUA DESMINERALIZADA	
PRESION (Psi / Kg/cm ² / Bars)	TEMP (°C)	FASE	POSICION PRUEBA
DISEÑO 3.00	50.00	L	H
OPERACION 2.00	30.00		(MIN/NO)
DIAMETRO	FLUIDO	NO. LINEA	ESPEC.
4	ADE	002	T-A05T3
			ASLAM
			HOJA NO
			03

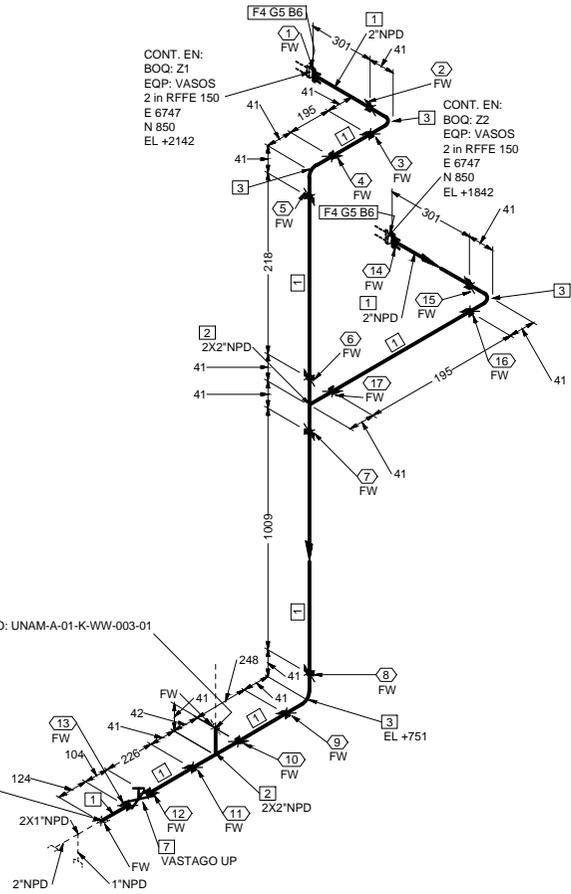
UNAM CUAUTITLÁN

DIBUJADO POR: **A.C.M.**

FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO: **0001** AREA: **A** UNIDAD: **01**

CONTRATO No: **UNAM FESC 0001** CIRCULO: **N/A** REV: **0**



CONT. EN:
BOQ: Z1
EQP: VASOS
2 in RFFE 150
E 6747
N 850
EL +2142

CONT. EN:
BOQ: Z2
EQP: VASOS
2 in RFFE 150
E 6747
N 850
EL +1842

CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-WW-003-01
E 6140
N 504
EL +792

CONT. EN:
ISOMETRICO: UNAM-A-01-K-WW-001-02
E 5644
N 504
EL +751

NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM

MATERIAL CAMPO				
NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB CANT
1	TUBO CED 40S S/C INOX A312 TP 304	2	5363644	FSA 2.8 M
2	TE 3000# SW A182 F304	2X2	5479780	FSA 2
3	CODO 90 3000# SW A182 F304	2	5479778	FSA 4
4	BRIDA SW 150# RF A182 304 BORE 40S	2	5607039	FSA 2
5	EMPAQUE 150# DEV.ESPIRAL GRAFITO/ 304 INOX. ANILLO CENT. E INT/ OGI	2	5672160	FAA 2
6	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 3.5 in. Length	5/8	5675679	FAA 8
7	COMPUERTA 800# SW A182 GR 304 / API TRIM 12	2	5095412	FSA 1

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	2"	SW
2	C	2"	SW
3	C	2"	SW
4	C	2"	SW
5	C	2"	SW
6	C	2"	SW
7	C	2"	SW
8	C	2"	SW
9	C	2"	SW
10	C	2"	SW
11	C	2"	SW
12	C	2"	SW
13	C	2"	SW
14	C	2"	SW
15	C	2"	SW
16	C	2"	SW
17	C	2"	SW

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHEDO	APROS	INTL	F.BIB	PROC	INSTRUM.	REC.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	A.C.M	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TERMICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002			
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)		RECUBRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
		AISLAMIENTO POR ESPESOR	
		0 in	

DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PROCURA DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE, CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PREARMANQUE, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO			
NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-WW-001-01		WW. AGUAS DE DESECHO (RECIRCULACION)	
PRECISION (Pulg./mm - Exact)	TEMP (°C)	FASE	PRECISION PRUEBA (Pulg./mm - Exact)
DISEÑO 3.50	80.00	L H	5.25
OPERACION 1.50	70.00		
DIAMETRO	FLUIDO	NO. LINEA	ESPEC.
2	WW	001	T-A05T3
			ABLAMA
			HOJA NO
			01

UNAM CUAUTILÁN

DIBUJADO POR: **A.C.M.**

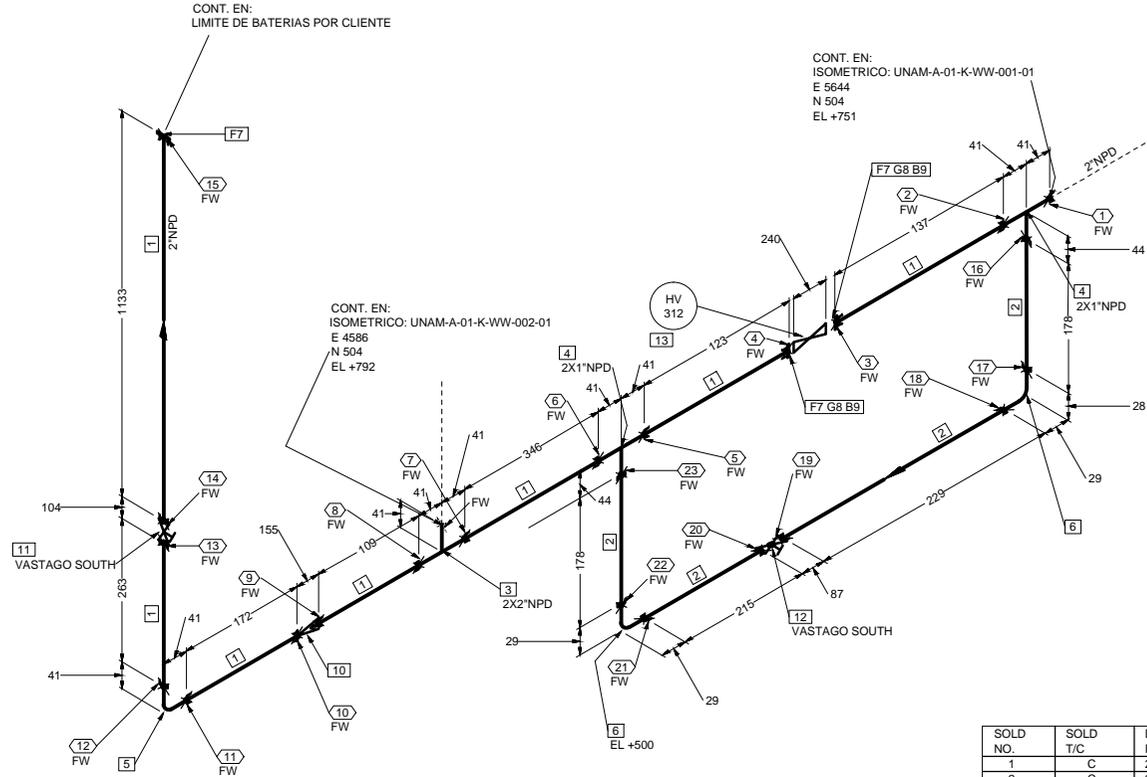
FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC No. **0001** AREA **A** UNIDAD **01**

CONTRATO No. **UNAM FESC 0001** CIRCULO **N/A** REV. **0**



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM



MATERIAL CAMPO				
NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CANT
1	TUBO CED 40S S/C INOX A312 TP 304	2	5363644	FSA 2.3 M
2	TUBO CED 80S S/C COSTURA AC. INOX. 316/316L A312	1	5365124	FSA 0.8 M
3	TE 3000# SW A182 F304	2X2	5479780	FSA 1
4	TE RED 3000# SW A182 F304	2X1	5479884	FSA 2
5	CODO 90 3000# SW A182 F304	2	5479778	FSA 1
6	CODO 90 3000# SW A182 GR F316/316L	1	5480138	FSA 2
7	BRIDA SW 150# RF A182 304 BORE 40S	2	5607039	FSA 3
8	EMPAQUE 150# DEV. ESPIRAL GRAFITO/ 304 INOX. ANILLO CENT. E INT./CGI	2	5672160	FAA 2
9	ESPARRAGO A193 GR B8 C/TUERCAS A194 GR 8 PESADAS - 3.5 in. Length	5/8	5675679	FAA 8
10	RETENCION 800# SW TP PISTON HORIZ A182 GR F304 / API TRIM 12	2	5095554	FSA 1
11	COMPUERTA 800# SW A182 GR 304 / API TRIM 12	2	5095412	FSA 1
12	GLOBO 800# SW A182 GR F316/316L /API TRIM 12	1	5096787	FSA 1
13		2	IPD44	1

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	2"	SW
2	C	2"	SW
3	C	2"	SW
4	C	2"	SW
5	C	2"	SW
6	C	2"	SW
7	C	2"	SW
8	C	2"	SW
9	C	2"	SW
10	C	2"	SW
11	C	2"	SW
12	C	2"	SW
13	C	2"	SW
14	C	2"	SW
15	C	2"	SW
16	C	1"	SW
17	C	1"	SW
18	C	1"	SW
19	C	1"	SW
20	C	1"	SW
21	C	1"	SW
22	C	1"	SW
23	C	1"	SW

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	HECHO	APROB.	MTL.	RELB.	PROC.	INSTR.	REC.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	A.C.M.	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TECNICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002			
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DIT)		RECUBRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-D11-0001		NO	
		AISLAMIENTO POR ESPESOR	
		0 in	

DESARROLLO DE LA INGENIERIA: PROCURA DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE: CONSTRUCCION, PRUEBAS, COMISIONADO, PRE-COMISIONADO, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO			
NUMERO DE DISEÑO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-WW-001-02		WW. AGUAS DE DESECHO (RECIRCULACION)	
PRESSION (Psi)	TEMP (°C)	FASE	PRESSION PRUEBA (Psi)
DISEÑO 3.50	80.00	L	H 5.25
OPERACION 1.50	70.00		
DIAMETRO	FLUIDO	NO LINEA	ESPEC.
2	WW	001	T-A05T3
			ASLAM
			HOJA NO
			02

UNAM
CUAUTILÁN

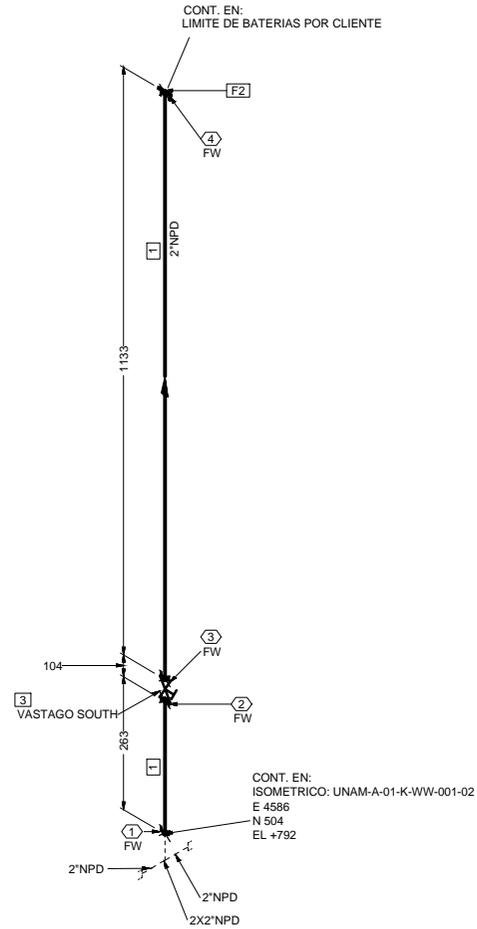
DISEÑADO POR: **A.C.M.**

FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO: **0001** AREA: **A** UNIDAD: **01**

CONTRATO NO.: **UNAM FESC 0001** CIRCULO: **N/A** REV: **0**

No ARCHIVO UNAM-A-01-K-WW-001-02_0.dgn



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEVS. Y COORDENADAS EN MM

MATERIAL CAMPO

NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CAT FAB	CANT
1	TUBO CED 40S S/C INOX A312 TP 304	2	5363644	FSA	1.4 M
2	BRIDA SW 150# RF A182 304 BORE 40S	2	5607039	FSA	1
3	COMPUERTA 800# SW A182 GR 304 / API TRIM 12	2	5095412	FSA	1

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CH-ECO	APR-06	MTL	REB	PROC	INSTRUM.	REC.
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M.	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TECNICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001	NO	NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002	NO	NO	
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DTI)		RECUBRIMIENTO POR	SISTEMA
UNAM-A-1-A-DTI-0001	NO		
AISLAMIENTO POR		ESPESOR	0 in

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	2"	SW
2	C	2"	SW
3	C	2"	SW
4	C	2"	SW

DESARROLLO DE LA INGENIERIA, PROCURA DE EQUIPOS Y MATERIALES DE INSTALACION PERMANENTE, CONSTRUCCION, PRUEBAS, CAPACITACION, PRE-ARRANQUE, ARRANQUE Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO					
NUMERO DE DISEÑO	SERVICIO				
UNAM-A-01-K-WW-002-01	WW, AGUAS DE DESECHO (TANQUE ALMACENAMIENTO)				
PRENSION (Pulg./cm ² x 10 ³)	TEMP. (°C)				
DISEÑO 3.50	80.00				
OPERACION 1.50	70.00				
DIAMETRO	FLUIDO	NO. LINEA	ESPEC.	ASLAM.	HOUA. NO
2	WW	002	T-A05T3	N	01

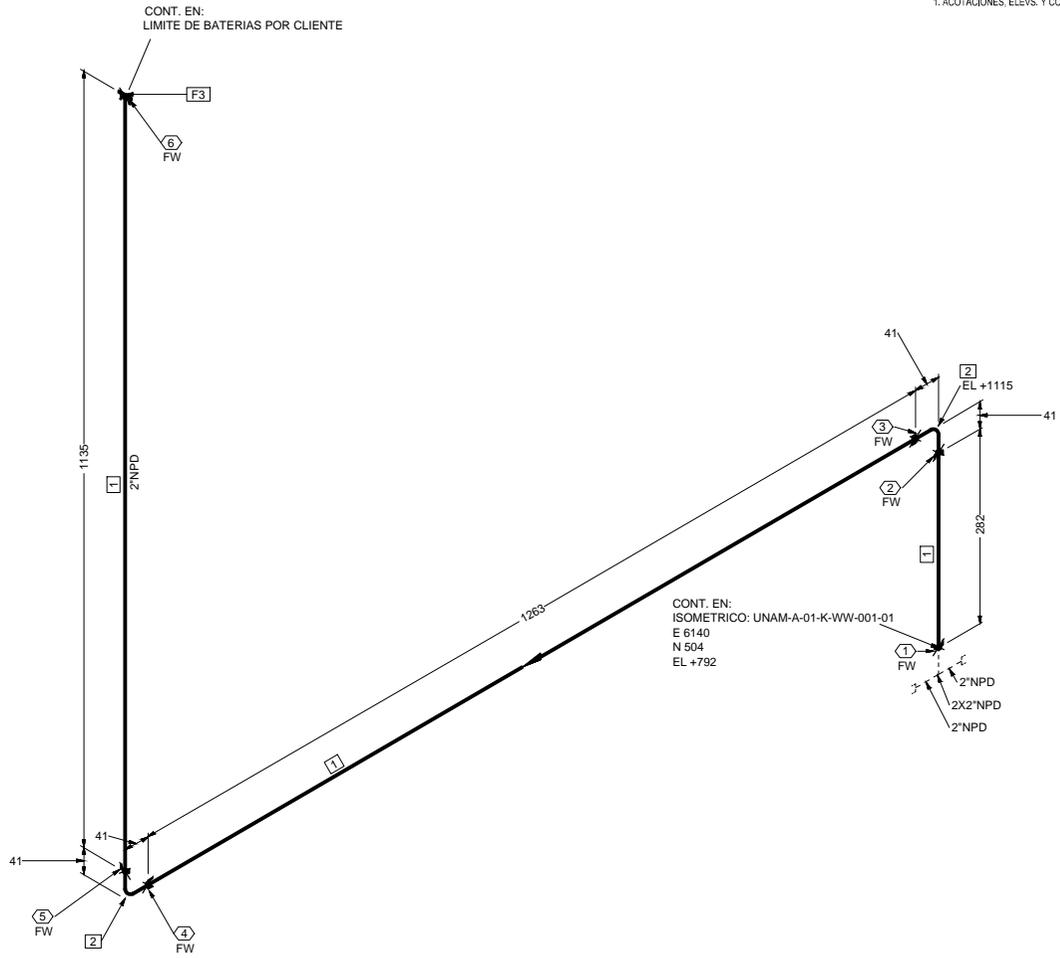
UNAM
CUAUTITLÁN

PROY UNAM FESC NO. 0001
CONTRATO No. UNAM FESC 0001

DIBUJADO POR:
A.C.M.

FECHA:
FEBRERO 2017

AREA: A
UNIDAD: 01
CIRCUITO: N/A
REV: 0



NOTAS
1. ACOTACIONES, ELEV. Y COORDENADAS EN MM

MATERIAL CAMPO				
NO	DESCRIPCION	DIAMETRO (PULG)	ITEM CODE	CANT
1	TUBO CED 40S S/C INOX A312 TP 304	2	5363644	FSA 2.7 M
2	CODO 90 3000# SW A182 F304	2	5479778	FSA 2
3	BRIDA SW 150# RF A182 304 BORE 40S	2	5607039	FSA 1

REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA	CHECO	APROB	MTL	REB	PROC	INSTRUM	REC
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	A.C.M.	DD/MM/AAAA	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X	X.X.X

TIPO DE FABRICACION		ESPECIFICACION DE MATERIALES DE TUBERIA	
EN TALLER	SI	ESPECIFICACION TECNICA PARA FABRICACION DE SOPORTES DE TUBERIA	
EN CAMPO	NO	RADIOGRAFIADO Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PND)	
REQUERIMIENTO DE TRAZA	NO	% RADIOGRAFIADO	
REVISION POR FLEXIBILIDAD	NO	33	
PLANOS DE REFERENCIA		TRATAMIENTO TERMICO Y RELEVADO DE ESFUERZOS	
UNAM-A-1-K-PL-0001		NO	
UNAM-A-1-K-PL-0002			
DIAGRAMAS DE REFERENCIA (DRI)		RECUBRIMIENTO POR SISTEMA	
UNAM-A-1-A-DTI-0001		NO	
ABLAMIENTO POR		ESPAESOR	
		0 in	

SOLD NO.	SOLD T/C	DIAM. PULG.	TIPO SOLD
1	C	2"	SW
2	C	2"	SW
3	C	2"	SW
4	C	2"	SW
5	C	2"	SW
6	C	2"	SW

NUMERO DE DIBUJO		SERVICIO	
UNAM-A-01-K-WW-003-01		WW, AGUAS DE DESECHO (DRENAJE)	
PRESION (Psi / Kg/cm ² / MPa)	TEMP (°C)	FASE	PRESION PRUEBA (Psi / Kg/cm ² / MPa)
3.50	80.00	L	H 5.25
OPERACION	70.00		
DIAMETRO	FLUIDO	NO. LINEA	ESPEC.
2	WW	002	T-A05T3
		ASLAM	H.OJA NO
		N	01



UNAM CUAUTITLÁN



DIBUJADO POR: **A.C.M.**
FECHA: **FEBRERO 2017**

PROY UNAM FESC NO. **0001** AREA **A** UNIDAD **01**
CONTRATO No. **UNAM FESC 0001** CIRCUITO **N/A** REV. **0**

BIBLIOGRAFÍA:

- Marks Standard Handbook for Mechanical Engineers. Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister III. Tenth Edition. Ed. Mc Graw-Hill. NY.
- The Piping Guide. David R. Sherwood.
- The successful use of Austenitic Stainless Steel in sea water. NIDI
- Handbook of comparative World Steel Standards John E. Bringas, 3ra Edición ASTM International.
- Valve Selection Handbook. 4ta Ed. R.W. Zappe, Gulf Professional Publishing.
- Pump Handbook. Igor Karassik, Paul Cooper 3ra. Edición Mc Grawhill.
- Ciencia e ingeniería de los Materiales. Donald R. Askeland. 3ra. Edición. Ed. International Thompson. México.
- Manufactura, ingeniería y tecnología. Serop Kalpakjian, S. R. Schmid. 5ta. Edición. Ed. Pearson Educación. México 2008.
- Mecánica de Fluidos y máquinas hidráulicas. Claudio Mataix. 2da. Edición. Ed. Alfaomega. México 2006.
- Manual Aceros Inoxidables INDURA S.A. Chile 2010
- Tratamiento de aguas residuales. R. S. Ramalho. 1ra. Edición. Ed. Reverté.
- Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos Claudio Alfredo Zaror Zaror. Facultad de ingeniería. Chile.