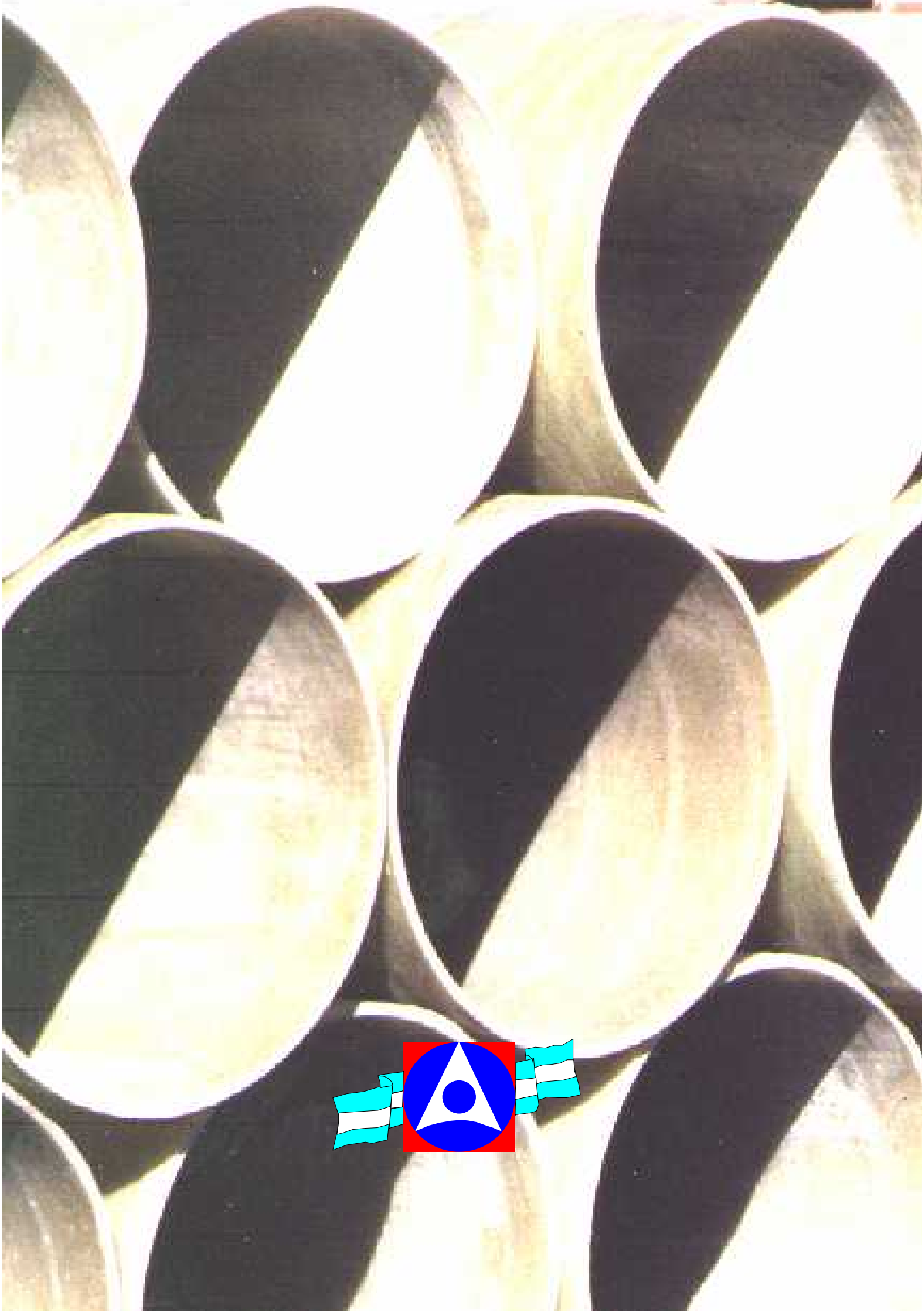
AISTER s.r.l.

Catálogo y Manual de Ingeniería, Diseño e Instalación

En Confección - Sujeta a revisión

Revisión 00



PROLOGO.

Profesionalismo.

Sin ser un aficionado fanático, una de las cosas que he encontrado siempre fascinante en las corridas de toros es el instante de ***"momento de la verdad"****. Es posible que esta atractiva frase se haya utilizado gran número de veces sin darse cuenta de lo que realmente significa. En cualquier caso, el momento de la verdad es el instante de la corrida en el que el matador se sitúa honradamente en el camino de la embestida del toro y lo mata de una estocada con la espada, la cual pasa por una superficie de 6,45cm x 12,90cm, situada en el lomo del cuello del toro. Si esta acción se realiza de manera experta y adecuada la espada pasa por el corazón del animal y le mata; si la espada no acierta, normalmente se dobla al entrar en contacto con los huesos de la paletilla y el toro conserva la vida, y puede cornear al torero.*

Evidentemente, esta fase de la corrida diferencia al torero real de aquel que no lo es, y por esto se llama el ***"momento de la verdad"****. Además, si fracasa en su intento el matador se hace reo de una penalidad, ya que tiene la responsabilidad total de su acción.*

Aún cuando existen otros factores en el ***profesionalismo****, creemos que en el ejemplo de la corrida aparecen por lo menos dos de los elementos más importantes que se presentan en la vida profesional. Uno de ellos es el elevado grado de competencia. El otro, es la aceptación de la responsabilidad personal de realizar adecuadamente su cometido.*

Recientemente se ha citado el caso de una compañía que contrató a una persona que pasaba por un ingeniero en plásticos, un experto en el campo, un profesional. Su misión era dirigir y controlar la fabricación de un deposito de plástico reforzado para clorato de sódico fundido en caliente. Esta persona tomó la dirección del trabajo y se construyó el depósito; logró realizar el trabajo; o así lo pensó él. Evidentemente no poseía suficientes conocimientos de la química de las resinas para saber que una resina de aplicación general no podía utilizarse en el proyecto, y puso el depósito en servicio llenándolo con sal fundida. Al poco tiempo el depósito falló catastróficamente, derramándose la sustancia química caliente alrededor de la planta y lesionando a los trabajadores que se encontraban en las proximidades del lugar. Este ingeniero en plásticos era un amateur que se puso a realizar el trabajo de un profesional. Sin embargo como la compañía fue quien lo contrató por sus conocimientos, se vieron obligados a confiar en su palabra. A diferencia del matador, el inexperto amateur escapaba también a la responsabilidad de su incompetencia. ***Además del daño causado a la compañía y a su personal, el comportamiento del material perjudicaba también a la industria de los plásticos.***

Esta industria es joven y se encuentra en un período de crecimiento vigoroso, y los errores pueden justificarse por la casi universal inexperiencia de muchos de los que exploramos una tecnología completamente nueva.Sin embargo, se crece y con la mayoría de edad se viene la necesidad de asumir la responsabilidad de nuestros actos. En línea con esta idea, se ha sugerido que los ingenieros en plásticos que trabajan en proyectos relacionados con el bienestar y la seguridad pública sean licenciados como ingenieros profesionales en ingeniería mecánica, civil, eléctrica, o química. Esto hace necesario la implantación de procedimientos para valorar la competencia del candidato al título de ingeniero en plásticos. Esta idea merece la pena …¿que piensa usted?.

Articulo tomado del SPE Journal 27, numero 3, marzo de 1971.

INDICE.

1 - INSTITUCIONAL.

1.A- HISTORIA.

1.B- POLITICA DE TRABAJO Y COMERCIALIZACIÓN DE AISTER s.r.l..

1.C- EL P.R.F.V. COMO MATERIAL.

1.D- SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD - ISO 9002.

2 - PROPIEDADES QUIMICAS,FISICAS Y MECANICAS DE LOS CAÑOS DE P.R.F.V..

2.A- CARACTERISTICAS QUIMICAS.

2.A.1- TABLA DE RESISTENCIA A FLUIDOS.

2.B- CARACTERISTICAS FISICAS.

2.B.1- TABLA DE CARACTERISTICAS FISICAS.

2.B.2- PERDIDAS DE CARGA.

2.B.2.a- Continuas.

2.B.2.b- Localizadas.

2.C- CARACTERISTICAS MECANICAS.

2.C.1- TABLA DE CARACTERISTICAS MECANICAS.

3 - PRODUCTO.

3.A- CAÑOS DE P.R.F.V..

3.A.1- CONFORMACION DE UN CAÑO DE P.R.F.V..

3.A.2- METODO DE FABRICACION.

3.A.3- DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS.

3.A.4- CARACTERISTICAS DE UN CAÑO DE P.R.F.V..

3.A.5- VARIEDAD DE MEDIDAS STANDARD.

3.A.5.a- Otras dimensiones típicas.

3.A.5.b- Consideraciones sobre espesores de B.Q..

3.A.6- IDENTIFICACION DE UN CAÑO DE P.R.F.V. AISTER®.

3.A.6.a- Codificación por rotulo.

3.A.6.b- Identificación de la resina.

3.A.6.c- Identificación del sistema.

3.B- ACCESORIOS DE P.R.F.V..

3.B.1- CONFORMACION DE UN ACCESORIO DE P.R.F.V..

3.B.2- METODO DE FABRICACION.

3.B.3- DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS.

3.B.4- VARIEDAD DE FORMATOS Y MEDIDAS STANDARD.

3.B.4.a- Bridas.

3.B.4.b- Tes.

3.B.4.c- Codos.

3.B.4.d- Reducciones.

3.B.5- IDENTIFICACION DE UN ACCESORIO DE P.R.F.V. AISTER®.

4 - INSTALACIONES Y MANIPULEO.

4.A- INSTALACIONES AEREAS.

4.A.1- SOPORTES.

4.A.2- ANCLAJES.

4.A.3- GUIAS.

4.A.3.a- Mangas separadoras.

4.A.4- DISTANCIA ENTRE SOPORTES.

4.A.5- VIBRACIONES.

4.B- DILATACION TERMICA.

4.B.1- DISTANCIA ENTRE GUIAS.

4.B.2- METODOS PARA EVITAR DAÑOS POR DILATACION.

4.B.2.a- Omegas de dilatación.

4.B.2.b- Juntas de dilatación.

4.B.2.c- Cambio de dirección.

4.B.2.c- Distancias maximas desde la omega o junta de dilatacion hasta las primeras guias.

4.C- INSTALACIONES SUBTERRANEAS.

4.C.1- ANCHO DE ZANJA.

4.C.2- PREPARACION DEL SUELO.

4.C.3- RELLENOS LATERALES.

4.C.3.a- Primer relleno lateral.

4.C.3.b- Segundo relleno lateral.

4.C.4- RELLENO SUPERIOR.

4.C.5- TAPADA FINAL.

4.C.6- PUNTOS FIJOS.

4.C.7- JUNTAS DILATACION EN INSTALACIONES SUBTERRANEAS.

4.C.7.a- Método sugerido para el montaje de juntas de dilatación en instalaciones subterráneas.

4.D- MEDIOS DE UNION.

4.D.1- SOLDADURA A TOPE.

4.D.1.a- Procedimiento de soldadura.

4.D.2- UNIONES BRIDADAS.

4.D.2.a- Tipos de bridas.

4.D.2.b- Juntas.

4.D.2.c- Apriete de bulones en uniones bridadas.

4.E- AISLACION TERMICA DE CAÑERIAS.

4.E.1- AISLACION TERMICA.

4.E.2- METODOS DE CALEFACCION.

4.E.3- SELECCION DE AISLANTES.

4.F- MANIPULEO Y TRANSPORTE DE CAÑOS DE P.R.F.V..

4.F.1- ACOPIO DE CAÑOS DE P.R.F.V..

4.F.2- TRANSPORTE DE CAÑOS P.R.F.V..

4.F.2.a- Condiciones del transporte.

4.F.2.b- Carga y descarga.

4.F.3- MANIPULEO DE ACCESORIOS DE P.R.F.V..

4.F.4- PRECAUCIONES A TENER PRESENTES PARA EL CORRECTO MANIPULEO Y ALMACENAJE DE LOS MATERIALES COMPONENTES DEL P.R.F.V..

4.F.4.a- Resinas poliester y vinil ester.

4.F.4.b- Monómero de estireno.

4.F.4.c- Iniciador y acelerador de reacción.

4.F.4.d- Fibras de vidrio.

5 - APENDICE.

5.A- NORMAS SOPORTE.
5.A.1- NORMAS UTILIZADAS PARA LA FABRICACION.
5.A.2- NORMAS UTILIZADAS PARA LOS TEST.
5.A.3- NORMAS UTILIZADAS PARA EL CATALOGO.
5.A.4- OTRAS FUENTES.
5.B- SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS (S.I.).
5.B.1- DEFINICIONES Y PREFIJOS DEL S.I..
5.B.2- EQUIVALENCIA DE UNIDADES.
5.C- FORMULAS Y DATOS DE UTILIDAD.
5.C.1- CONSTANTES FUNDAMENTALES.
5.C.2- VISCOSIDADES Y DENSIDADES RELATIVAS.
5.C.3- AREAS Y VOLUMENES.
5.C.3.a- Figuras.
5.C.3.b- Cuerpos.
5.D- AISLACION.
5.D.1- TABLAS DE AISLANTES TÉRMICOS.
5.D.2- COBERTURA DE PROTECCIÓN.

6-NOTAS.

1 - INSTITUCIONAL.

1 . A - HISTORIA.

AISTER s.r.l. inicia sus actividades en la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, República Argentina, en el año 1989, destacándose en la provisión de servicios industriales en aislaciones térmicas (frío - calor) y P.R.F.V. (**P**lástico **R**eforzado con **F**ibra de **V**idrio), estos últimos, mundialmente utilizados en instalaciones de cañerías, en revestimientos anticorrosivos y en la manufactura de equipos especiales.

En el año 1994 comienza con la fabricación de accesorios de P.R.F.V. porl método ***hand lay-up***. En el año 1996, luego de realizar contactos directos con fabricantes de caños y equipos de Estados Unidos, se concreta el proyecto e inaugura la moderna fabrica de caños de P.R.F.V. por el sistema ***filament winding***.

1 . B - POLITICA DE TRABAJO Y COMERCIALIZACION DE AISTER s.r.l..

La trayectoria y experiencia de la Empresa en el mercado del P.R.F.V. nos permiten reafirmar cada día los conceptos y valores que son parte de nuestra política orientada a satisfacer el mercado.

En nuestra organización estamos preparados y en permanente actualización para responder ágilmente y con total versatilidad los requerimientos del mercado del P.R.F.V. que es tan exigente y con tantas variables.

> *AISTER s.r.l. cuenta con un departamento de ingeniería a los efectos de cubrir con asistencia técnica los aspectos relacionados con transporte, instalación, y operación de los productos fabricados.*
>
> *El grupo de trabajo convenientemente capacitado y el propio equipamiento adecuado y en constante innovación, nos permite asegurar y garantizar alta satisfacción de nuestros clientes, tanto por nuestros productos como por nuestros servicios de campo (montaje, soldadura, mantenimiento, reparaciones, etc.)*

Nuestra tecnología de última generación sumada a un sistema de gestión moderna de los recursos humanos y técnicos, nos permite trabajar activa y eficazmente orientados al cliente, nuestro objetivo fundamental.

Todas las áreas de la Empresa reafirman este objetivo utilizando, en principio, la Norma ISO 9002 como referencia para estimular en un marco de mejora continua, al trabajo en equipo.

Sabemos que las actividades que desarrollamos, al igual que cualquier empresa, genera un impacto social y económico que asumimos con responsabilidad, aplicando procedimientos y métodos en Seguridad e Higiene Industrial orientada a las personas, los equipos y las instalaciones.

También la acción responsable respecto al impacto sobre el Medio Ambiente, está bajo control, habiendo obtenido como primer paso el certificado de Aptitud Ambiental que reafirma nuestra política de trabajo para los que trabajan o están relacionados con nuestras actividades industriales directa o indirectamente.

AISTER s.r.l. promueve en forma permanente el desarrollo de los proveedores de Materias Primas e Insumos considerados críticos para el desarrollo de los productos que se procesan, mediante los denominados Planes de Control que incluyen las inspecciones y ensayos a tomar en cuenta para tener bajo control los procesos que le suceden.

Además, estamos en contacto contínuo con nuestros clientes, actuales y potenciales, realizando cursos de capacitación intensivos en nuestra fábrica, para que consoliden los conceptos del buen uso del P.R.F.V. en la industria, y verifiquen en AISTER s.r.l. los procedimientos de fabricación que se llevan a cabo para asegurar la calidad de los productos.

1 . C - PRODUCTO.

En el ámbito sumamente vasto de los plásticos, un lugar especial corresponde a los plásticos reforzados (*también plásticos armados*), que incluyen un conjunto de nuevos productos de notables características y en extremo versátiles, que se destacan en todos los dominios de la técnica constructiva en un sinnúmero de aplicaciones reservadas hasta hace poco al acero, a la madera, al aluminio, al cemento, etc., y en otras que no tienen equivalente.

Aplicaciones tan diversas como la carcasa o las toberas de un cohete, una cañería para transporte de líquidos corrosivos, una garrocha, el casco de una embarcación, un elemento de cobertura o un aislante eléctrico, requieren asimismo propiedades muy diferentes y, a menudo, en grado extremo, tales como: máxima resistencia absoluta y específica en el primer y segundo caso, resistencia a la corrosión en instalaciones industriales y a la absorción de agua en aplicaciones náuticas, inalterabilidad a la intemperie y muy larga duración en el caso de la construcción (*y eventualmente también translucidez*), favorables características dieléctricas en un aislante, etc., etc., jamás reunidas anteriormente por ningún otro material de por si solo.

Justamente lo extraordinario de los plásticos reforzados es que poseen todas esas propiedades y otras complementarias, lo que les ha permitido ocupar rápidamente un lugar de importancia entre los materiales de utilización y uno destacadísimo, único en la solución de los problemas que las necesidades de la actividad industrial, creativa moderna y las realizaciones de

avanzada incesantemente proponen, mas allá de las posibilidades de los materiales acostumbrados.

Esencialmente los plásticos reforzados, aún en pleno desarrollo, consisten en una combinación de:

a) un sistema resinoso que incluye normalmente distintos elementos además de la resina propiamente dicha, tales como promotores, endurecedores, cargas, flexibilizantes, pigmentos, etc.;

b) un refuerzo fibroso, generalmente vidrio, que se presenta de distintas maneras y formas y que determina, en máxima parte, la resistencia y las condiciones mecánicas del compuesto.

Del tipo de resina y de los demás elementos que componen el sistema resinoso mismo, dependen en mayor medida: la resistencia química y a la intemperie, su estabilidad térmica, las propiedades eléctricas, la transparencia, el color y, por fin, el aspecto de las superficies.

Aunque virtualmente los plásticos reforzados engloban cualquier clase de resina, ya sea del grupo de los termoplásticos o de los termoendurentes, siempre que estén debidamente armadas, son estas últimas, y particularmente las del tipo de baja presión, las que han contribuido en mayor medida a su desarrollo y difusión en los escasos años transcurridos desde su primera aparición en el mercado.

Si bien pueden usarse para el refuerzo muchas clases de fibras naturales, artificiales o sintéticas (*algodón, amianto, sisal, nylon, carbono, grafito, etc*.), solo con el advenimiento del vidrio textil dotado de las más altas cualidades, los plásticos reforzados entran realmente a competir con los metales y demás materiales estructurales, como nuevos elementos de construcción.

Acerca de la función específica de ambos componentes, puede decirse que, cuando el contenido de fibra se mantiene relativamente reducido, su efecto resulta análogo al del hierro en el hormigón, o sea que refuerza, arma a la resina; en cambio, cuando la cantidad de refuerzo alcanza altos porcentajes en peso, la resina cumple más bien la función de un adhesivo o aglomerante, encargado de mantener unidas y transmitir a las fibras los esfuerzos exteriores.

Las principales razones que hacen de la combinación *"refuerzo vidrio fibroso - resina termoendurente",* o mejor dicho de los plásticos reforzados con fibra de vidrio -*abreviado con la sigla P.R.F.V*.- un producto de tanta aceptación y de características tan excepcionales, derivan básicamente de lo siguiente:

1) El vidrio textil es uno de los materiales más fuertes que se conocen y por su naturaleza no esta sujeto, prácticamente, a ninguna clase de alteraciones con el correr del tiempo.

2) Las resinas termoendurentes, como por ej., las resinas poliésteres, las estervinílicas, las epoxídicas, etc., se presentan en forma líquida, lo que permite impregnar perfectamente bien la fibra de vidrio; y, ademas endurecen bajo una ligera presión o sin ella, siendo por lo tanto fáciles de conformar.

3) Los elementos terminados poseen óptimas propiedades físicas, mecánicas y eléctricas; muy buena resistencia química y a la

intemperie; no están sujetos a la corrosión electrolítica ni a otro tipo de degradación y tienen un costo moderado que los hace económicamente ventajosos.

Consideraciones del Ing. Bertoldo Hollander. Publicadas en el libro "Los plásticos reforzados con fibras de vidrio" de Duilio D'Arsié, editorial Mitre, 1992.

1 . D - SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD - ISO 9002.

En marzo de 1996 se comenzó a diseñar el Sistema de Aseguramiento de la Calidad basado en la Norma ISO 9002.

Con un programa de capacitación y concientización orientado a toda la organización, se comenzó a trabajar para adecuar las condiciones de la fábrica cuatro meses antes de recibir el equipamiento de Estados Unidos de Norteamérica, momento a partir del cual, y sin pausa, se iniciaron las etapas de montaje, ajustes de puesta en marcha y las pruebas correspondientes conjuntamente con el desarrollo de implementación del Sistema de la Calidad.

En 1997 y 1998 fuimos consolidando cada uno de los objetivos propuestos en materia del Sistema de la Calidad, completando nuestro programa de informatización del Sistema de Gestión interna para tener los resultados y maduración propuestos como objetivo desde el inicio.

Ya en septiembre de 1998, luego de una auditoría, logramos como resultado la **CERTIFICACION** con **Bureau Veritas Quality International (BVQI)**.

Hoy hemos culminando una de las etapas mas ambiciosas e importante que nos hemos fijado como objetivo, con un Sistema de Gestión de la Calidad que alcanza a todos y a cada uno de los integrantes de la organización con la maduración y consolidación necesaria para satisfacer eficientemente las necesidades de un mercado tan exigente.

BVQI

Certificate of Approval

Awarded to

AISTER S.R.L.

Bahía Blanca - Pcia. de Buenos Aires - Argentina

Bureau Veritas Quality International certify that the Quality Management System of the above supplier has been assessed and found to be in accordance with the requirements of the quality standards detailed below

QUALITY STANDARDS

ISO 9002:1994

SCOPE OF SUPPLY

MANUFACTURING, SALE AND SERVICING OF F.R.P. (Fiberglass Reinforced Plastic) PIPES

FABRICACION, VENTAS Y SERVICIOS POST-VENTA DE CAÑOS DE P.R.F.V. (Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio)

Original approval date: 14th OCTOBER 1998

Subject to the continued satisfactory operation of the supplier's Quality Management System, this Certificate is valid for a period of three years from:

14th OCTOBER 1998

Date 23rd NOVEMBER 1998

For Bureau Veritas Quality International

Certificate No: 51730

SF06/B

Estamos preparados para esos desafíos, siempre atentos a los cambios que esto implica en nuestra organización, conociendo los costos involucrados pero teniendo la satisfacción de cumplir los objetivos y obtener el reconocimiento de nuestros clientes.

2 - CARACTERISTICAS QUIMICAS, FISICAS Y MECANICAS DE LOS CAÑOS DE P.R.F.V..

2 . A - CARACTERISTICAS QUIMICAS.

Cualquiera sea la técnica de fabricación a ser empleada en la producción de cañerías o accesorios de P.R.F.V. resistentes a la corrosión es imprescindible que la superficie que entrará en contacto con el medio corrosivo (liner) sea confeccionado de modo que guarde una concentración de resina como abajo lo específica el gráfico, dado que ésta es la responsable de la resistencia al ataque químico (hidrólisis).

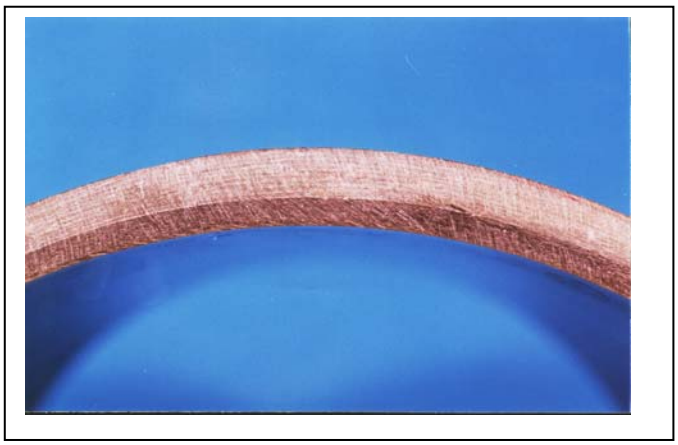
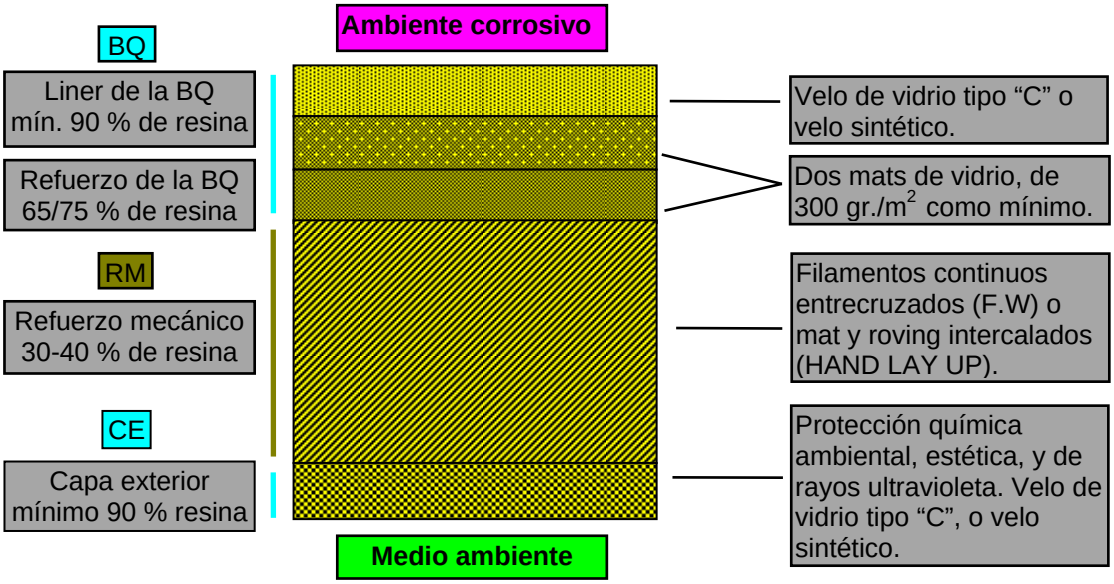


FIGURA 2.A.1- Laminado típico para resistencia a la corrosión. *(recomendado por la SPI: Society of Plastic Industry - USA.)*



La barrera anticorrosiva impide o retarda el ataque a las capas ulteriores de refuerzo, por exposición al liquido corrosivo.

No es recomendable incluir en el laminado (en ninguna de las secciones) cargas minerales, salvo que sean agentes tixotrópicos y/o retardadores de llama en un porcentaje no mayor al 5%. Las cargas minerales, como ser cuarzo, carbonato de calcio, silicatos, etcétera, reducen considerablemente la resistencia química del laminado, como así también impiden que se le pueda practicar una buena inspección visual (ocultan delaminaciones, burbujas de aire, etc.).

Los velos que conforman la primer capa de BQ deben ser de fibras sintéticas o de vidrio tipo "C", y los fieltros de vidrio que la refuerzan serán de fibras cortadas aprestadas entre ellas, pesando estas como mínimo 300 gr/m^2

en dos capas superpuestas. El espesor mínimo recomendable de la BQ es de 2,5 mm.. En el caso de soluciones muy corrosivas (ej.: hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico concentrado, ácido sulfúrico concentrado, ácido nítrico, etc.) es importante incrementar el espesor de la misma asegurando un correcto desempeño y durabilidad.

2 . A . 1 - TABLA DE RESISTENCIAS A FLUIDOS.

Es de fundamental importancia la correcta selección de la resina poliester o vinilester a emplear en la realización del producto a construir (llamese caños, accesorios, equipos especiales, etc.) y para ésto y en función de las condiciones de uso (presión, temperatura, fluido a contener o transportar) recomendamos en cada caso particular participar a los fabricantes, ellos conocen a la perfección las limitaciones y posibilidades de cada una de ellas, lo que los acredita a recomendar la más adecuada en lo técnico y económico. La tabla 2.A.1 (expuesta abajo) no es más que una muy oresumida transcripción extraída de las editadas por los distintos productores de éstas materias primas y que cada uno de ellos facilita a los usuarios directos o indirectos con sus marcas registradas. Nuestro objetivo es solamente exhibir genéricamente las propiedades de resistencia química y térmica de algunas de ellas.

Tabla 2.A.1- Temperaturas máximas de servicio de algunas resinas frente a distintos ambientes químicos.

ambiente químico	% de concentración	Temperaturas máximas de servicio en °C		
		resina vinilester (base bifesnol A)	resina cloréndrica (NPG)	resina isoftálica
aceite crudo ácido	100	99	---	---
ácido acético	50	82	51	51
ácido clorhídrico	15	82	110	65
ácido fosfórico	100	99	93	65
ácido nítrico	40	NR	60	NR
ácido nítrico	20	49	60	NR
ácido sulfúrico	70	82	87	NR
ácido sulfuroso	10	49	66	NR
agua de mar	---	82	82	65
benceno	100	NR	24	NR
bisulfito de sodio	saturado	99	93	38
cloruro de aluminio	saturado	99	99	65
gasolina de aviación	100	82	79	38
hidróxido de potasio	45	82	NR	NR
hidróxido de sodio	5	82	24	NR
hidróxido de sodio	10	82	24	NR
hidróxido de sodio	25	82	NR	NR
hidróxido de sodio	50	99	NR	NR
hipoclorito de sodio	18	82	43	NR
peróxido de hidrógeno	30	65	---	---
suero de petroleo crudo	---	---	98	65
sulfuro de hidrógeno	100	82	121	60

NR = No Recomendable. --- no ha sido ensayado

2 . B - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

El caño es una figura particular de las tantas que se pueden lograr con el P.R.F.V., las condiciones físicas de estos son las derivadas de los laminados de dicho material, por lo tanto los valores que se consignan en las tablas, relativos a algunas características fisico-mecánicas se dan a título orientativo pudiendo obtenerse productos cuyas propiedades excedan netamente los límites que figuran en el cuadro. Cabe recordar que se trata de materiales compuestos (anisotrópicos).

AISTER s.r.l., como resultado de su sistema de aseguramiento de la calidad aplicado a su alta tecnología en los procesos de fabricación, puede garantizar la uniformidad de las características físicas para cada lote o partida que salga de su planta.

2 . B . 1 - TABLA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

TABLA 2.B.1- Características físicas.

Característica o propiedad física	Valor
Densidad	1,8-2,06 kg/dm^3
Coeficiente de dilatación longitudinal “α”	16 x 10^{-6} cm/cm.°C
Resistividad eléctrica “ρ”	1 x 10^{12} Ω/cm
Dureza barcol	30-40 (a 25°C$\pm$ 5°C)
Conductividad térmica	0,18 w/m.°C
Coeficiente de rugosidad	145-150 (Hazem Williams)

Nota: Las siguientes características son verificables de acuerdo a ensayos especificados en normas internacionales con entes nacionales calificados.

2 . B . 2 - PERDIDAS DE CARGA.

Para el dimensionado correcto de una instalación se torna menester el cálculo de la presión que pierde el fluido transportado en su roce con la superficie interna de la cañería, fenómeno este llamado pérdida de carga. Cuando es en tramos rectos se la considera contínua mientras que cuando es consecuencia de accesorios se la denomina localizada.

Los procesos de fabricación utilizados por AISTER s.r.l. otorgan a sus caños y accesorios un fino acabado interior (superficie espejada), lo que le confiere en este aspecto un excelente comportamiento durante el servicio, minimizando las pérdidas por rozamiento.

Los valores de rugosidad de este tipo de caños son coeficientes empíricos, tomados de la terminación interior de ellos, teniendo un valor de C=150 para Hazen-Williams, lo que equivale a un coeficiente de Mainning "n"=0,008/0,012 y a una rugosidad absoluta ε = 0,0001524 cm.

2 . B . 2 . a - Pérdidas continuas.

Una forma simple de calcular las pérdidas por fricción en tramos contínuos es a través de la fórmula de Hazen-Williams. Su uso es común en instalaciones para agua, o fluidos de propiedades físicas similares, donde las condiciones de servicio no sean muy severas. Cabe la aclaración debido a que en ella algunos valores han sido reemplazados y la fórmula adaptada para un cálculo sencillo.

$$\Delta p = \frac{10.62 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1.85} \cdot Di^{4.9}}$$

Donde:

Δp = Pérdida de carga contínua por rozamiento (metros de columna de agua).

Q = Caudal (m^3 / seg).

L = Longitud de la tubería (m).

Di = Diámetro interior del caño (m).

C = Constante que depende de la rugosidad del tipo de cañería a utilizar (en el caso de los caños AISTER®, C=150).

Donde las condiciones de trabajo son más exigentes, ya sea por características del fluido (densidad, viscosidad, etc.), del caño (diámetro, longitud, etc.), o del servicio (caudal, etc.), es necesario un pequeño estudio de la mecánica del fluido dentro de la cañería, para el cálculo de perdidas de carga.

Inicialmente se debe determinar el número de Reynolds (Re), para conocer el comportamiento del flujo, pudiendo éste ser de régimen laminar, intermedio y/o intermitente, o turbulento. La fórmula para el cálculo del número de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{Ve \cdot Di}{\nu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds (adimensional).

Ve = Velocidad del fluido (m/seg).

D = Diámetro del caño (m).

ν = Viscosidad cinemática (m^2 / seg).

Q = Caudal (m^3 / min).

Hallándose la viscosidad cinemática de la siguiente manera:

$$\nu = \frac{\mu \cdot g}{\gamma}$$

Donde :

γ = Densidad específica (kg /m^3).

μ = Viscosidad específica, dinámica o absoluta (N.seg./m^2) .

g = Aceleración de la gravedad (9,81m / seg^2).

Ya obtenido el número de Reynolds podemos determinar que tipo de régimen será, mediante la siguiente comparación :

si Re <= 2000 el régimen es laminar

si 2000 <= Re <= 4000 el régimen es intermedio o intermitente

si Re >= 4000 el régimen es turbulento

Como dato ilustrativo cabe acotar que se asocian bajas velocidades y elevadas fuerzas viscosas con flujo laminar y por otra parte se asocian altas velocidades y bajas fuerzas viscosas con un flujo turbulento, pudiendo darse este último tanto en cañerías lisas como en aquellas rugosas.

Si el régimen es laminar vale calcular las pérdidas de carga por la fórmula de Hagen-Pouseille, donde no es considerada la rugosidad.

$$\Delta p = \frac{128 \cdot \mu \cdot L \cdot Q}{\pi \cdot Di^4}$$

Donde :

Δp = Pérdida de carga (Kg /cm^2).

μ = Viscosidad (N.seg./m^2).

L = longitud del tramo (m).

Di = Diámetro interior del caño (m).

Si la incógnita a determinar es la pérdida de columna de fluido deberán considerarse otros factores presentes en la siguiente ecuación.

$$\Delta h = \frac{128 \cdot \mu \cdot L \cdot Q}{\pi \cdot Di^4 \cdot g \cdot \gamma}$$

Donde :

Δh = Pérdida de columna de fluido (m).

Otra forma de hallar las pérdidas de carga es través de la fórmula de Darcy-Weisbach que incorpora un coeficiente llamado de fricción “f”, pudiendo

obtenerse distintos valores para flujos laminares y turbulentos, lo que le da cierta agilidad.

Siendo el coeficiente de fricción “f” un valor en función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa [“f” = F (Re, k)], para flujos laminares “f” es hallado por medio de la relación de Blasius.

$$\text{para flujo laminar } \text{“f”} = \frac{64}{Re}$$

En el caso de estar ante la presencia de un flujo turbulento el coeficiente de fricción pasa ser función también de la rugosidad, siendo de aplicación la siguiente fórmula :

$$\text{para flujo turbulento“ f”} = \frac{1{,}325}{[\ \ln (\varepsilon / 3{,}7\ Di + 5{,}74 / Re^{0{,}9})}$$

Donde :

ln = Logaritmo natural

ε = rugosidad absoluta (cm).

Si el número de Reynolds indica que el flujo se halla dentro de un régimen intermitente o intermedio, éste está en una zona crítica donde no es posible determinar un coeficiente de fricción preciso debido a que por momentos puede ser laminar y en otros turbulento.

Otro método de hallar este valor (aunque aquí no es presentado), es a través del diagrama de Moody, usando la curva correspondiente a tubos lisos.

Luego el coeficiente de fricción, dependiente del régimen, es aplicado en la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$\Delta p = \frac{\text{“f “} \cdot L \cdot V^2}{Di \cdot 2g}$$

Donde :

Δp = Pérdida de carga (kg / cm^2).

L = Longitud (m).

V = Velocidad (m / seg).

Di = Diámetro interior (m).

g = Aceleración de la gravedad (m / seg^2).

2 . B . 2 . b - Pérdidas de carga localizadas.

Cuando un fluido se desplaza por un tramo recto de cañería, en su interior el flujo adopta una forma característica, independiente del régimen en el que se encuentre. La interposición de cualquier obstáculo como cambios de

dirección, obstrucciones, o cambios graduales o bruscos del contorno del pasaje de flujo, produce una modificación de dicha configuración, con la consiguiente pérdida de carga en la línea.

La mecánica de los fluidos otorga varias herramientas para el cálculo de estas pérdidas, siendo la más práctica y la adoptada por el sistema de cañerías AISTER®, la de otorgar una longitud equivalente de tramo recto a cada tipo de accesorio. Dicha longitudes equivalentes son indicadas en la tabla 2.B.2..

Tabla 2.B.2- Pérdida de carga por accesorios, en equivalentes de tramo recto.

Diámetro interior	Te	Codo 90°	Codo 45°
25	0,52	0,76	0,42
38	0,82	1,21	0,64
50	1,22	1,73	0,79
75	1,86	2,40	1,21
100	2,41	3.47	1.55
125	3,08	4,28	1,99
150	3,75	5.09	2,43
200	4,27	6,40	3,23
250	5,33	7,92	4.11
300	6,10	9,75	4.72
350	7,62	11,27	5,48
400	8,23	13.10	6,09
450	9,75	16,15	7,01
500	10,66	17,67	7,62
600	12,80	20.42	9,14

Para la pérdida de carga en reducciones debemos considerar el sentido de circulación del fluido. Si el flujo se dirige del diámetro mayor al diámetro menor estamos ante una contracción brusca, donde el coeficiente de pérdida será determinado de la siguiente relación:

$$K = 0{,}42 \,.\, [1 - (di^2 / Di^2)]$$

Donde:

K = Coeficiente de pérdida (adimensional).

di = Diámetro menor (m).

Di = Diámetro mayor (m).

En el caso inverso estamos ante una expansión brusca, donde el coeficiente de pérdida será determinado de la siguiente relación:

$$K = [1 - (di^2 / Di^2)]$$

Luego la longitud equivalente será la resultante de la siguiente ecuación:

$$Leq = \frac{K \cdot di}{f}$$

Donde:

Leq = Longitud equivalente en tramo recto de cañería (m).

f = Coeficiente de fricción (adimensional).

2 . C - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.

La elevada resistencia de los caños de P.R.F.V. es comparable con la de los metales, siendo superior a igualdad de peso (resistencia específica).

Todos los valores de características mecánicas de los caños de P.R.F.V., para su obtención, son avalados por una serie de normas internacionales de especificación (ASTM, DIN, NBS, UHDE, ISO, etc.) que garantizan la calidad de estos, tanto en la manufactura como en sus posteriores aplicaciones.

Cabe destacar que debido a que el P.R.F.V. es un material heterogéneo (compuesto) y a que es expuesto comúnmente a ambientes corrosivos[1], estos están especificados con elevados coeficientes de seguridad, tanto para la fabricación como en los posteriores test de prueba, por lo que satisface ampliamente los valores a continuación tabulados.

1generalmente, en nuestro país, los caños de P.R.F.V. son de uso muy común en la industria donde es menester el transporte de fluidos corrosivos, y por lo tanto los coeficientes de seguridad responden a los riesgos a los que está expuesto el producto, pero tanto en EE.UU. como en Europa son usados, debido a su confiabilidad, en variadas aplicaciones, sustituyendo al P.V.C., hierro, cemento, acero inoxidable, etc..

2 . C . 1 - TABLA DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.

TABLA 2.C.1- Características mecánicas.

Esfuerzo o característica mecánica	Valor
Resistencia a la tracción longitudinal	100/600 kg/cm^2
Resistencia a la compresión (mínima)	300/900 kg/cm^2
Módulo de elasticidad longitudinal	30000/125000 kg/cm^2
Resistencia a la tracción circunferencial	100/600 kg/cm^2
Módulo de elasticidad circunferencial	35000/200000 kg/cm^2

Nota: Las siguientes características son verificables de acuerdo a ensayos especificados en normas internacionales, con entes nacionales calificados.

3 - PRODUCTO

3 . A - CAÑOS DE P.R.F.V..

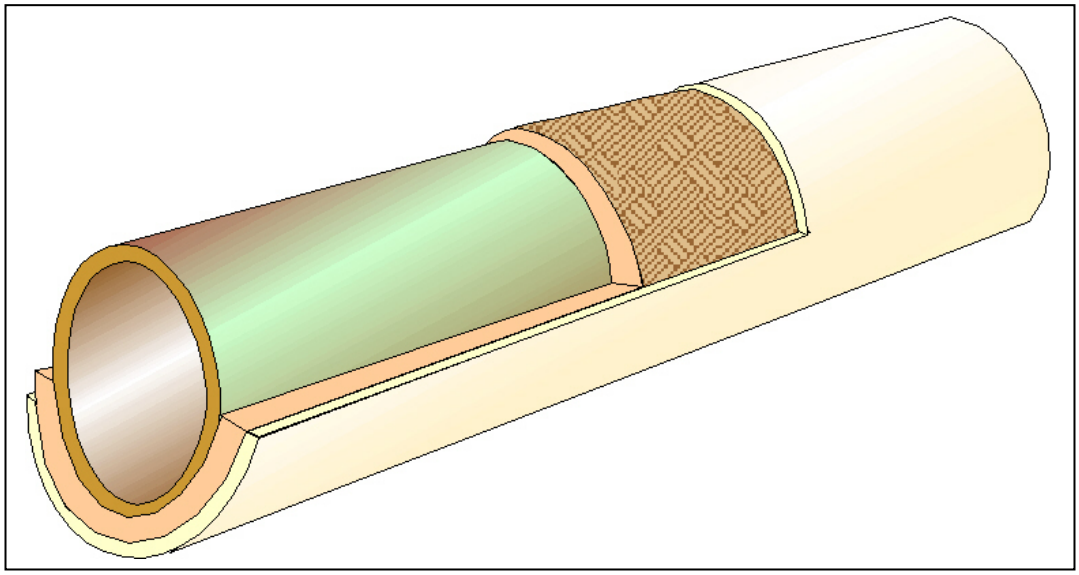
El caño de P.R.F.V. es un producto relativamente joven, pues hace apenas cuatro décadas que fue desarrollado, encontrándosele con el transcurso del tiempo innumerables aplicaciones. Se fue imponiendo en EE.UU. y Europa, donde fueron creadas una importante cantidad de normas internacionales que encuadran sus condiciones de fabricación, ensayos, montaje, etc..

Consecuentemente, en nuestro país comenzó a conocerse más tarde y recién en estos tiempos la industria responsable empieza a desmentir antiguos preconceptos, derivados de deficientes aplicaciones del P.R.F.V., en sus distintos usos.

El caño de P.R.F.V. es el material ideal para desempeñarse exitosamente en ambientes corrosivos, conservando su estanqueidad y excelentes propiedades mecánicas. En otro aspecto, las resinas totalmente endurecidas (termorrígidas) y las fibras de vidrio (dos de los componentes más participativos) son consideradas inertes, no contaminantes del medio ambiente.

3 . A . 1 - CONFORMACIÓN DE UN CAÑO DE P.R.F.V..

FIGURA 3.A.1- Conformación de un caño de P.R.F.V..



3 . A . 2 - MÉTODO DE FABRICACIÓN.

Este producto puede fabricarse por centrifugación o por enrollamiento, siendo este ultimo el más aplicado en la industria y el adoptado por AISTER s.r.l..

3 . A . 3 - DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS.

La tecnología utilizada por AISTER s.r.l. es de origen norteamericano. La fabricación de los caños se realiza por el método de enrollamiento helicoidal de cinta (velo y mat , impregnados en resina) para la barrera química (B.Q.) y capa exterior (C.E.), y por el método de FILAMENT WINDING (F.W.)(hilos de roving continuos impregnados en resina) para el refuerzo mecánico (RM).Ambos enrollamientos son controlados por un software de origen belga (CADWIND)..

Los procedimientos mencionados se ejecutan sobre un molde de perfecta geometría (rectificado, con diámetro uniforme en todo el largo) y perfecto grado de terminación (pulido a espejo), puesto que de este depende que no existan daños en la BQ durante el desmolde, otorgando a la superficie interna de los caños AISTER® la cualidad de ser perfectamente lisa, libre de rayaduras, hendiduras y grietas, como también imposibilita que el velo quede expuesto o con impregnación deficiente. Dado esto los caños poseen una excelente terminación interna traduciendose en una muy baja perdida de carga en las cañerías instaladas.

Usando patrones de enrollamiento, el sistema computarizado permite, mediante entrecruzamiento de fajas, ir completando cada capa a través de múltiples ciclos, realizados en ángulo constante, alternados hacia sendos extremos. Para los requerimientos normales de la industria este ángulo teórico ideal es de 54.75°. El rango de variación oscila entre 50° y 65° (según requerimiento de fabricación).

Durante la manufactura se mantiene uniforme la tensión de enrollamiento de los hilos de roving, para evitar el daño de las fibras o escurrimientos (excesiva tensión) y la reducción de la resistencia del compuesto (insuficiente o descontrolada).

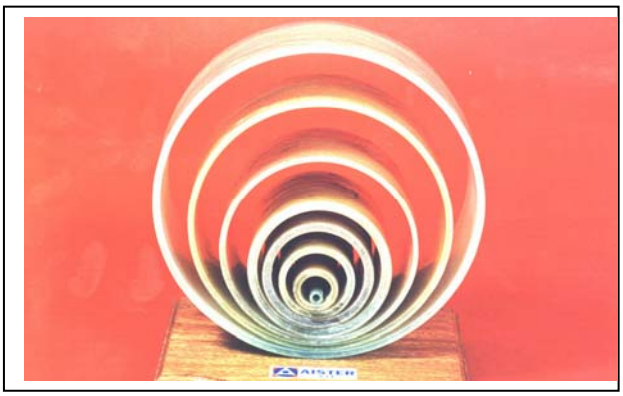
Se consigue de esta forma una relación entre tensión radial/axial, que genera una óptima resistencia a la presión y a la flexión, manteniéndose estas propiedades constantes a lo largo de todo el caño y en cada caño AISTER®, correspondiente a esa partida.

En ningún sector del laminado de los caños AISTER® son colocadas cargas (ej.: arena, talco industrial, marmolina, material reciclado, aserrín, etc.), como tampoco ningún tipo de pigmentación (puesto que el agregado de estos permite ocultar vicios y/o defectos de fabricación) por lo tanto la inspección visual resultará sencilla y representativa, tal como lo expresa la norma ASTM D 2563-94 *“Standard practice for classifying visual defects in glass-reinforced plastic laminate parts”.*

3 . A . 4 - CARACTERISTICAS DE UN CAÑO DE P.R.F.V..

- Resistencia química acorde a cada necesidad combinada con altas temperaturas y presiones(relativas a otros materiales plásticos).
- Elevada resistencia mecánica en relación a su peso (menor peso por metro lineal de cañería, 1/1,3 del cemento, 1/4,3 del acero, 1/3,8 de la cerámica).
- Excelente estabilidad en el tiempo, no se fragiliza ni se ablanda en un rango de temperaturas de -30°C a 110°C dado que el P.R.F.V. es un compuesto termorrígido (no termoplástico).
- Bajo factor de fricción, prácticamente constante a lo largo de la vida útil del caño.
- Muy bajo nivel de incrustaciones debido a su brillante superficie interior.
- Las instalaciones pueden ser aéreas o subterráneas.
- Bajo mantenimiento, ya que no requiere protección interna y externa.
- Elevada resistencia a la llama.
- Elevada resistencia a la acción de la radiación solar (rayos UV).
- Buen aislante térmico, reduce costos de instalaciones.
- Fácil reparación en el campo.
- Alta resistencia al impacto.
- En instalaciones subterráneas no requiere protección exterior.
- Bajo costo de manipuleo y transporte.
- Elevada resistencia a la acción química ambiental.
- Aislamiento eléctrico efectivo, por lo tanto no existe corrosión galvánica.

3 . A . 5 - VARIEDAD DE MEDIDAS DISPONIBLES.



Los caños de P.R.F.V. se denominan por su diámetro interior. Para ello, AISTER s.r.l. cumple con lo especificado por las normas ISO 7370 y DIN 16965.

Diámetro nominal pulgadas	**Diámetro interior** mm	**Largo** mm
1	25	6000
1 ½	38	6000
2	50	6000
3	75	6000
4	100	6000
5	125	6000
6	150	6000
8	200	6000
10	250	6000
12	300	6000
14	350	6000
16	400	6000
18	450	6000
20	500	6000
24	600	6000

TABLA 3.A.1- Variedad de dimensiones standard.

Otras dimensiones típicas.

A continuación, a titulo informativo para aquellos usuarios o potenciales usuarios que no han adoptado o no posean normas de fabricación y/o especificaciones propias, presentamos lo estipulado por la norma DIN 16965 referida a caños de P.R.F.V., respecto a diámetros, espesores de barrera química y espesor de refuerzo mecánico, para dos valores de presiones de trabajo.

TABLA 3.A.2- Norma DIN 16965 (parte 4) para presión nominal **5 bar**. Coeficiente de seguridad utilizado por la norma = 6.

Diámetro nominal mm	**Diámetro interior** mm	**Espesor de la barrera química mínimo** mm	**Espesor del refuerzo mecánico** mm	**Espesor total** mm
100	100	2,5	1,9	4,4
150	150	2,5	1,9	4,4
200	200	2,5	1,9	4,4
250	250	2,5	1,9	4,4
300	300	2,5	1,9	4,4
350	350	2,5	1,9	4,4
400	400	2,5	1,9	4,4
500	500	2,5	2,1	4,6
600	600	2,5	2,6	5,1

Nota : Para mas información respecto a los datos aquí tabulados remitirse a DIN 16965 (part.4).

TABLA 3.A.3- Norma DIN 16965 (parte 4) para presión nominal **10 bar**. Coeficiente de seguridad utilizado por la norma =6.

Diámetro nominal mm	**Diámetro interior** mm	**Espesor de la barrera química mínimo** mm	**Espesor del refuerzo mecánico** mm	**Espesor total** **mm**
100	100	2,5	1,9	4,4
150	150	2,5	1,9	4,4
200	200	2,5	1,9	4,4
250	250	2,5	2,2	4,7
300	300	2,5	2,6	5,1
350	350	2,5	3	5,5
400	400	2,5	3,4	5,9
500	500	2,5	4,3	6,8
600	600	2,5	5,1	7,6

Nota: Para mas información respecto a los valores aquí tabulados remitirse a DIN 16965 (part.4).

Consideraciones sobre espesores de la barrera química (BQ).

Para caños de uso químico es recomendable utilizar un espesor de BQ no menor a 3 mm. dependiendo del grado de corrosión del fluido puede haber variaciones de la misma, por ejemplo :2,5 mm (DIN 16965), 6,3 mm (SOLVAY).

La BQ es fundamental dado que de acuerdo a su calidad constructiva, espesor y composición depende el período de vida útil del caño, por consiguiente el de las instalaciones. Es por esto que cuanto mayor es el espesor de esta resulta más sencillo unir (soldar) y mantener la continuidad de la misma (ver capitulo 4.D).

3 . A . 6 - IDENTIFICACIÓN DE UN CAÑO DE P.R.F.V. AISTER ®.

AISTER s.r.l. implementa en todos sus caños una doble codificación, con el fin de identificar nuestros productos, ya sea antes de su montaje o aquellos ya instalados, luego de varios años , incluso estando pintados, puesto que ambos son incorporados (ocluidos) durante el proceso de fabricación.

3 . A .6 . a - Codificación por rótulo.

Mediante este rótulo, AISTER s.r.l., consigue en principio un seguimiento de sus productos dentro de la planta y fuera de ella, logrando un historial de cada unidad (materias primas utilizadas, personal involucrado, condiciones de fabricación, etc.); en segundo termino, facilita al cliente una herramienta para su correcto acopio y posterior uso.

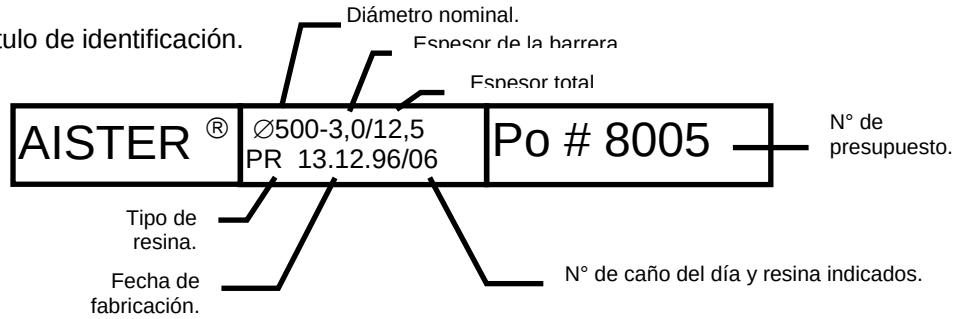
Se muestra de esta manera nuestra política de la calidad y nuestro compromiso postventa.

A pesar del paso del tiempo, los datos aquí impresos serán de utilidad para conocer su naturaleza, ya sea para reclamos, reparaciones, proyectos de modificación, etc..

A través de este concepto de trazabilidad AISTER s.r.l. cumple con los requerimientos de las normas ISO 9000.

A continuación se detalla dicho rotulo:

FIGURA 3.A.2- Rótulo de identificación.



Nota: La disposición y nomenclaturas indicadas en el rotulo de identificación es de uso exclusivo de AISTER s.r.l. para sus caños AISTER ®.

3 . A . 6 . b - Identificación de la resina.

TABLA 3.A.4- Identificación del tipo de resina.

PO	PT	PI	PX	PC	PR	PE	PQ
Ortoftálica	Tereftálica con base NPG	Isoftálica	Bisfenólica	Clorada	Vinilester	Epóxi	poliester o vinilester con liner termoplástico

3 . A . 6 . c - Identificación del sistema.

Definimos como sistema a una única combinación de resina y catalizador.

Este sistema, patentado por AISTER s.r.l., está orientado a lograr un reconocimiento visual instantáneo de cualquier tramo de caño AISTER®, sin importar su condición o estado. Alcanzará con solo descubrir un pequeño sector de su superficie exterior.

El método consiste en la incorporación de hilos de color aproximadamente a 1 mm de profundidad de la superficie exterior. Mediante una combinación unívoca se podrá conocer el tipo de resina utilizado y el sistema de catalización empleado para su curado.

Los códigos de hilos de colores utilizado, según el sistema, respeta el siguiente esquema:

TABLA 3.A.5- Identificación por hilos de colores.

Item	Tipo de resina	Resina (color del hilo)	Catalizador (color de hilo)	Posición de los hilos	Sistema de catalización	Separación aproximada
1	Bisfenólica	verde	verde	/ /	DMA/BPO	ancho de banda
2	Bisfenólica	verde	rojo	/ /	DMA/CO/MEK	ancho de banda
3	Vinilester	rojo	rojo	/ /	DMA/CO/MEK	ancho de banda
4	Vinilester	rojo	negro	/ /	DMA/BPO	ancho de banda
5	Cloréndrica	negro	negro	//	CO/MEK	20 mm
6	Epóxi	negro	negro	X	Cat.-Epóxi	---------
7	Ortoftálica	negro	----	/	CO/MEK	ancho de banda
8	Isoftálica	azul	azul	/ /	CO/MEK	ancho de banda
9	Tereftalica	verde	azul	/ /	DMA/CO/MEK	ancho de banda
10	Liner termoplástico con resina exterior según requerimiento.	La identificación con hilos de color es de acuerdo a la resina y tipo de catalizador, utilizados en el refuerzo mecánico				según corresponda

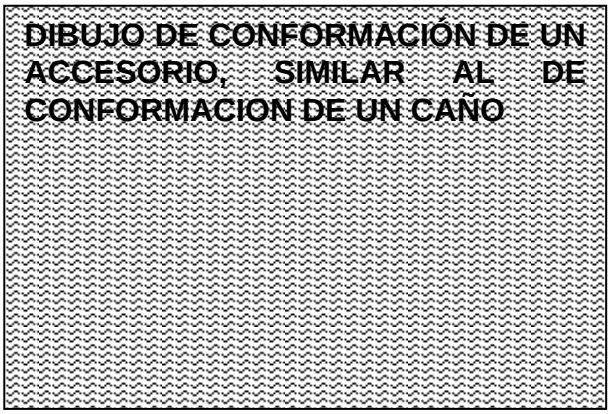
Nota: La identificación por medio de hilos de colores es un sistema patentado por AISTER s.r.l., para uso exclusivo en sus caños AISTER ® y sus accesorios AISTER ®.

3 . B - ACCESORIOS DE P.R.F.V..

Como complemento de su linea de caños, AISTER s.r.l. fabrica accesorios de P.R.F.V. compatibles con estos, para unión mediante soldadura a tope, según norma AFNOR NFT 57900 (*ver punto 4 . D . 1 . a*).

3 . B . 1 - CONFORMACIÓN DE UN ACCESORIO DE P.R.F.V..

FIGURA 3.B.1 - Conformación de un accesorio de P.R.F.V..



3 . B . 2 - MÉTODO DE FABRICACIÓN.

La fabricación de los accesorios de P.R.F.V. se realiza por el método de moldeo manual, conocido como HAND LAY UP ó CONTACT MOULDING.

3 . B . 3 - DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS.

El laminado manual se realiza sobre el molde aplicando las capas de velo y mat impregnadas en resina conformando de esta manera la B.Q., de igual manera se aplican el mat y tejidos de roving confeccionando el R.M. y por último velos para la C.E. incorporando en esta última agentes protectores de U.V.. Esta tarea es realizada por mano de obra especializada, respetando al máximo las reglas del buen arte.

Este método es aplicado sobre matricería de excelente terminación superficial y perfecta geometría, logrando de esta forma productos de excepcional superficie interior, exenta de grietas rayaduras y hendiduras, cumpliendo con los formatos y dimensiones especificados por las normas.

En todos los casos los accesorios AISTER® se fabrican por construcción integral (monolítica), no utilizando para la fabricación de ellos otro accesorio de descarte o tramo de caño. Se garantiza de esta forma la integridad de la pieza, y por su comportamiento uniforme un rendimiento quimico-mecánico óptimo, satisfactorio y seguro en la instalación.

En ningún sector del laminado de los accesorios AISTER® son colocadas cargas (ej.: arena, talco industrial, marmolina, material reciclado, aserrín, etc.), como tampoco ningún tipo de pigmentación (puesto que el agregado de estos permite ocultar vicios y/o defectos de fabricación) por lo tanto la inspección resultará sencilla y representativa, tal como lo expresa la norma ASTM D 2563-94 "*Standard practice for classifying visual defects in glass-reinforced plastic laminate parts".*

3 . B . 4 - VARIEDAD DE FORMATOS Y MEDIDAS DISPONIBLES.

3 . B . 4 . a - Bridas.

Las conexiones bridadas, al fabricarse por sistema integral no admiten el uso de niples de caño para la confección de cuellos o chicotes. Se realizan rodeando con el enrrollamiento el vástago, haciendo llegar las capas de mat y roving tejido hasta el aro exterior del molde. La cara de la brida, perpendicular al eje del conducto, tiene una barrera química exactamente igual al caño correspondiente, siendo esta perfectamente plana, sin proyecciones ni depresiones mayores de 0,8 mm. La tolerancia admisible en la perpendicularidad será de ½ °.

La manufactura de las bridas sigue los criterios dimensionales de ANSI B 16.5 Serie 150, por lo que son compatibles para el acople con bridas de acero.

La variedad de medidas de bridas, según normas ANSI B 16.5 y DIN 16966 parte 6, se tabula a continuación :

TABLA 3.B.1- Caracteristicas y dimensiones de bridas.

Dn	Di	L	E	e_1	e_2	d_1	d_2	De	D ca	da	Ca	B PRFV	B Acero	S_1 mín	S_2 mín	P_1	P_2
in.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm
1"	25	150	14	14	12	50,5	55	108	79,4	16	4	16	---	30	30	50	50
1½"	38	150	16	16	14	68,5	78	127	98,4	16	4	16	---	35	35	68	68
2"	50	150	18	18	14	82,5	92	152	120,6	19	4	18	---	40	40	82	82
3"	75	150	22	22	16	111,5	127	190	152,4	19	4	22	---	48	48	111	111
4"	100	150	24	24	18	133,5	158	229	190,5	19	8	24	---	55	55	133	133
5"	125	200	27	27	20	160,5	188	254	215,9	22	8	28	---	64	64	160	160
6"	150	200	30	30	22	188,5	216	279	241,3	22	8	30	---	71	71	188	188
8"	200	200	33	20*	25	238	270	343	298,4	22	8	32	24**	85	80	237	245
10"	250	250	37	22*	28	294	324	406	361,9	26	12	34	26**	101	90	293	300
12"	300	250	42	26*	30	344	381	483	431,8	26	12	36	26**	116	100	343	350
14"	350	300	40	28*	32	388	413	533	476.2	29	12	38	26**	133	95	387	410
16"	400	300	44	32*	35	442	470	597	539,7	29	16	42	26**	147	105	441	460
18"	450	300	47	32*	35	499	533	635	577.8	32	16	44	28**	163	120	492	513
20"	500	350	49	38*	38	545	585	698	635,0	32	20	47	28**	178	120	544	565
24"	600	375	49	38*	45	650	692	813	749,3	35	20	49	35**	209	115	649	660

Ca = Cant. de Agujeros. (*)para Ø > 6 " el collarín es de acero al carbono. (**)con liner, BQ de P.R.F.V..

Los collarines (brida suelta) hasta diámetros de 6” son de P.R.F.V., a partir de este diámetro estos elementos serán de acero (SAE 1010/1020), arenados y pintados.

FIGURA 3.B.2- Conexión con brida suelta.

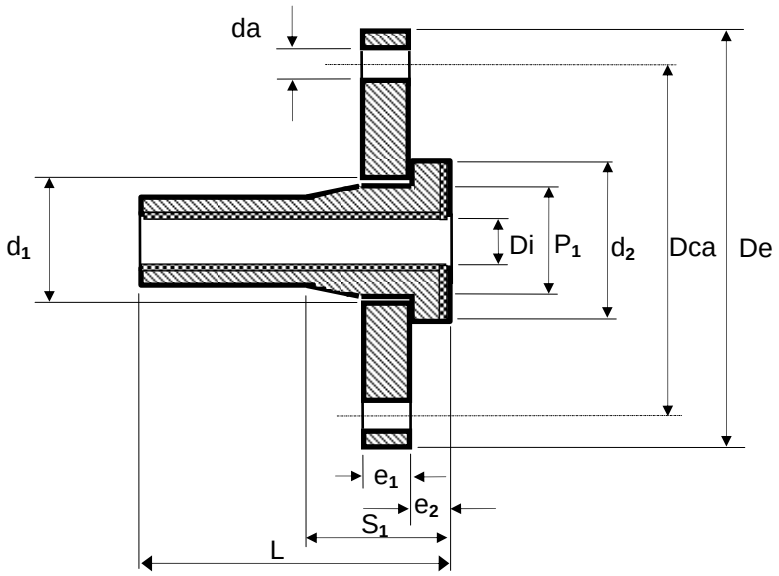
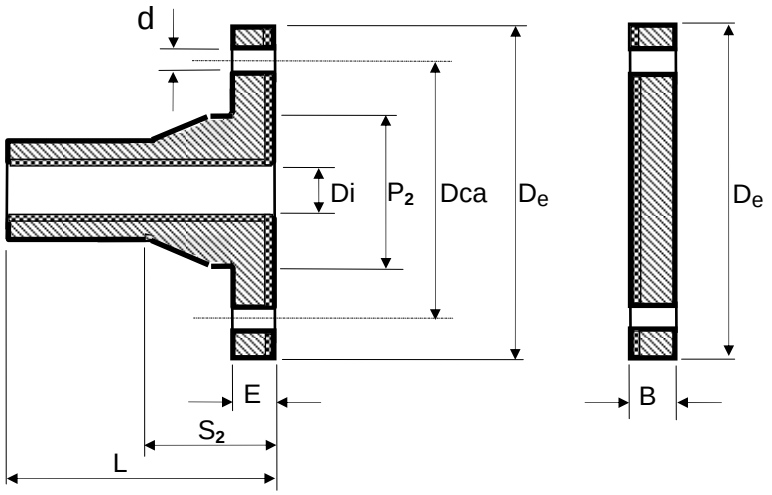


FIGURA 3.B.4- Brida ciega

FIGURA 3.B.3- Conexión con brida fija



3 . B . 4 . b - Tes.

Las tes, al fabricarse por sistema integral, nunca son construidas a partir de caños soldados.

Estos accesorios se dividen en tes normales (diámetro de la acometida igual al diámetro nominal) y tes reducciones (diámetro de la acometida menor al diámetro nominal). Las reducciones se fabrican según el esquema “A “. Aquellas combinaciones con acometidas no esquematizadas se realizan en obra según procedimientos de soldadura (ver 4 .D . Medios de unión).

TABLA 3.B.2- Tes reducción.

Diámetro nominal pulg.	D1 mm	D2 mm	E1 mm	E2 mm
1 ½"x1'	38	25	150	175
2"x1" 2"x1 ½ "	50	25 38	180 180	180 180
3"x2" 3"x1 ½"	75	50 38	165 165	195 195
4"x2" 4"x3"	100	50 75	205 205	205 205
5"x3" 5"x4"	125	75 100	245 245	270 270
6"x3" 6"x4"	150	75 100	285 285	240 240
8"x6" 8"x4"	200	150 100	365 365	310 260
10"x 8" 10"x6"	250	200 150	450 450	340 340
12"x10" 12"x8" 12"x6"	300	250 200 150	525 525 525	415 365 360
14"x12" 14"x10" 14"x8"	350	300 250 200	600 600 600	445 445 360
16"x14" 16"x12" 16"x10"	400	350 300 250	680 680 680	520 470 470
20"x18" 20"x16" 20"x14" 20"x12"	500	450 400 350 300	830 830 830 830	575 575 575 575
24"x20" 24"x16" 24"x14"	600	500 400 350	950 950 950	670 620 620

FIGURA 3.B.5- Te reducción.

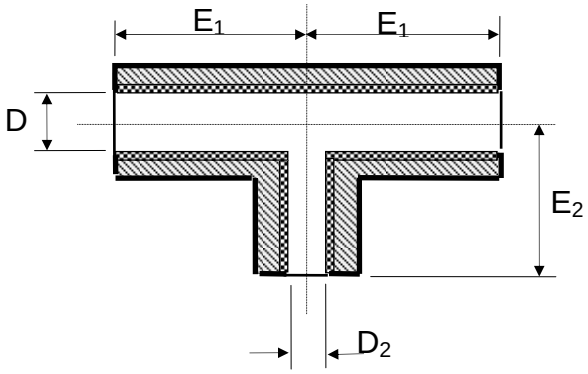
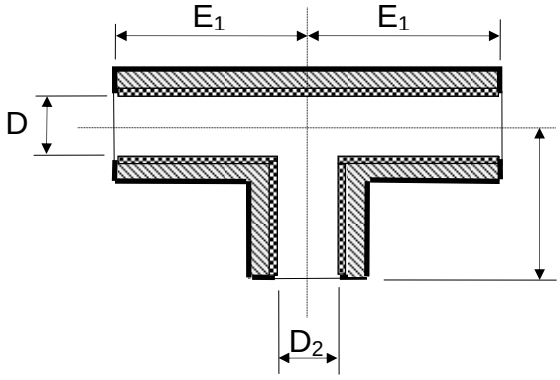


TABLA 3.B.3- Tes normal.

Diámetro Nominal pulg.	Diámetro interior D1=D2 mm	Longitud E1 mm
1"	25	110
1 ½"	38	150
2"	50	180
3"	75	165
4"	100	205
5"	125	245
6"	150	285
8"	200	365
10"	250	450
12"	300	525
14"	350	600
16"	400	680
18"	450	760
20"	500	830
24"	600	950

FIGURA 3.B.6- Te normal.



3 . B . 4 . c - Codos.

Los codos, se construyen en una sola pieza, por lo que su barrera es integral (sin soldaduras en el lomo ni en la garganta) al igual que su refuerzo mecánico.

TABLA 3.B.4- Codo a 90°.

Diámetro Nominal pulgadas	Diámetro Interior mm	R mm	H mm
1”	25	38	110
1 ½”	38	57	150
2”	50	75	180
3”	75	114	165
4”	100	150	205
5”	125	188	245
6”	150	225	285
8”	200	300	365
10”	250	375	450
12”	300	450	525
14”	350	525	600
16”	400	600	680
18”	450	675	750
20”	500	750	830
24”	600	900	950

TABLA 3.B.5- Codo a 45°.

Diámetro Nominal pulgadas	Diámetro Interior mm	R mm	H mm
1”	25	38	70
1 ½”	38	57	90
2”	50	75	105
3”	75	114	100
4”	100	150	115
5”	125	188	135
6”	150	225	150
8”	200	300	190
10”	250	375	225
12”	300	450	260
14”	350	525	290
16”	400	600	680
18”	450	675	357
20”	500	750	390
24”	600	900	430

FIGURA 3.B.7- Codo a 90 °.

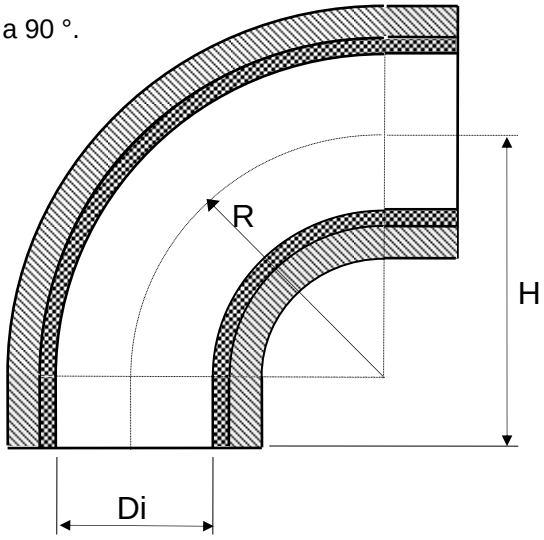
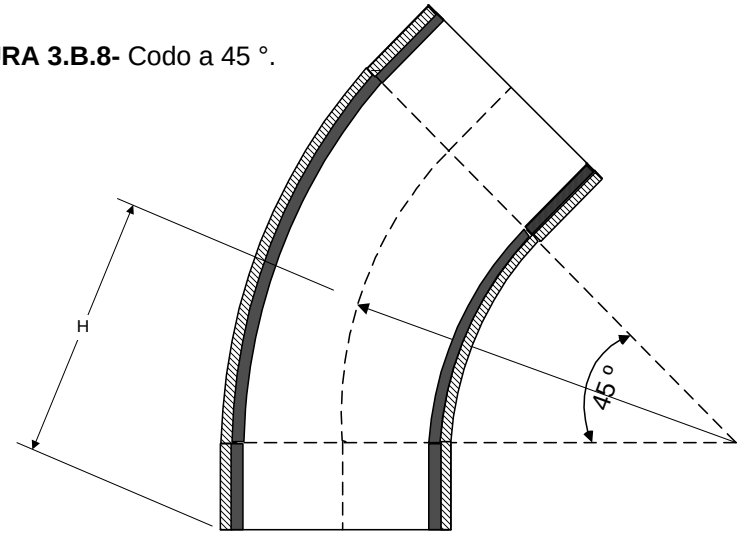


FIGURA 3.B.8- Codo a 45 °.



3 . B . 4 . d - REDUCCIONES.

TABLA 3.B.6- Reducciones.

Dn x dn pulgadas	D x d mm	L1 mm	L2 mm
1 ½ “ x 1”	38 x 25	40	40
2“ x 1”	50 x 25	60	65
3” x 1 ½ “	75 x 38	100	105
3” x 2”	75 x 50	75	75
4” x 2”	100 x 50	125	130
4” x 3”	100 x 75	50	50
5” x 3”	125 x 75	110	115
5” x 4 “	125 x 100	60	65
6” x 3”	150 x 75	175	180
6” x 4”	150 x 100	125	130
8” x 4”	200 x 100	245	255
8” x 6”	200 x 150	125	130
10” x 6”	250 x 150	245	255
10” x 8”	250 x 200	125	130
12” x 6”	300 x 150	370	385
12” x 8”	300 x 200	245	255
12” x 10”	300 x 250	125	130
14” x 8”	350 x 200	370	385
14” x 10”	350 x 250	245	255
14” x 12”	350 x 300	125	130
16” x 10”	400 x 250	370	385
16” x 12”	400 x 300	245	255
16” x 14”	400 x 350	125	130
18” x 12”	450 x 300	370	385
18” x 14”	450 x 350	245	255
20” x 12”	500 x 300	495	515
20” x 14”	500 x 350	370	385
20” x 16”	500 x 400	245	255
20” x 18”	500 x 450	125	130
24” x 14”	600 x 350	620	645
24” x 16”	600 x 400	495	515
24” x 20”	600 x 500	245	255

FIGURA 3.B.9- Reducción excéntrica.

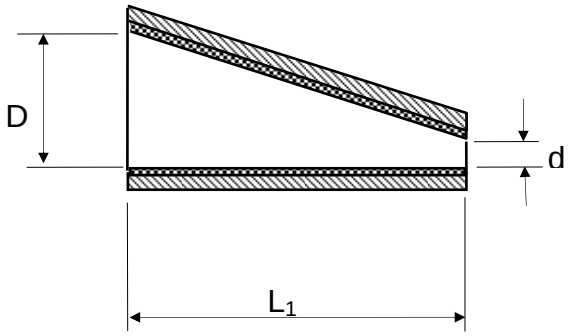
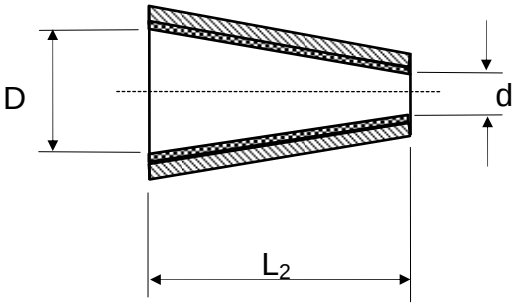


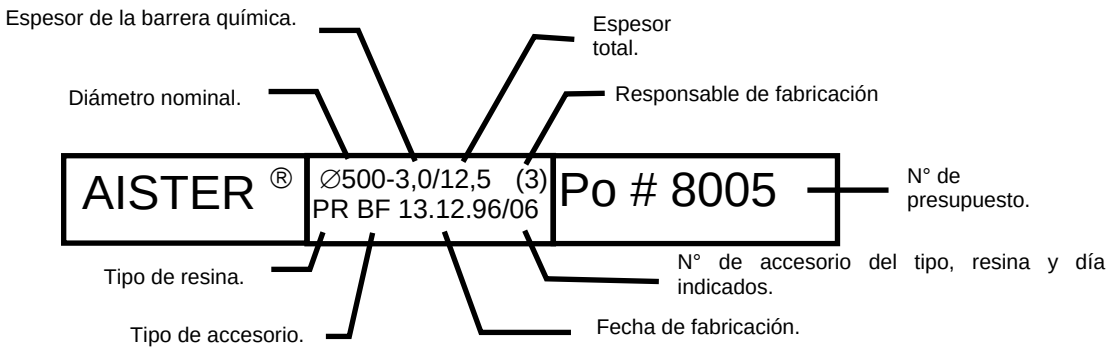
FIGURA 3.B.10- Reducción concéntrica.



3 . B . 5 - IDENTIFICACION DE UN ACCESORIO AISTER®.

Los accesorios AISTER®, al igual que sus caños, se identifican mediante rotulo, con el fin desarrollado en el punto 3.A.6.a.. A diferencia del rótulo para caños el de accesorios incorpora un código para la identificación del tipo de accesorio. Cada uno de ellos con su correspondiente código se indican en la tabla 3.B.7..

FIGURA 3.B.11- Rótulo de identificación de un accesorio.



Nota: La disposición y nomenclaturas indicadas en el rotulo de identificación es de uso exclusivo de AISTER s.r.l. para sus accesorios AISTER ®.

TABLA 3.B.7- Tabla de identificación del tipo de accesorio.

Tipo de accesorio	Nomenclatura
Conexión p/ brida suelta (Van Stone)	BV
Brida suelta	BS
Conexión con brida fija (brida con chicote)	BF
Brida ciega	BC
Codo a 90°	CN
Codo a 45°	CC
Te normal	TN
Te reducción	TR
Reducción concéntrica	RC
Reducción excéntrica	RE
Accesorios especiales	AE

Nota: La indicación de tipo de accesorio indicada en la tabla 3.B.7 es de uso exclusivo de AISTER s.r.l. para sus accesorios AISTER ®.

4 - INSTALACIONES.

4 . A - INSTALACIONES AEREAS.

Según las condiciones de servicio de la instalación se debe decidir sobre que elementos se hará el montaje. Estos pueden ser soportes, guías o anclajes, cumpliendo cada uno de ellos diferentes funciones.

A continuación los definimos y detallamos sus principales aplicaciones.

4 . A . 1 - SOPORTES.

El soporte tiene como función prevenir la flexión de la cañería debido al peso propio y al del fluido transportado. Puede admitir el movimiento axial en su interior o acompañar desplazamientos horizontales.

Su unión al caño cuando no es rígida, puede cumplir la función de guía, debiendo colocarse a éste para tal función una manga separadora detallada en 4.A.3., “Guías”. En caso de ser una unión rígida se puede considerar como un anclaje.

La distancia entre soportes varia según el diámetro y la presión de trabajo, detallados a continuación en la tabla 4.A.1.

Tabla 4.A.1. Distancia entre soportes según norma UHDE 3030-14.

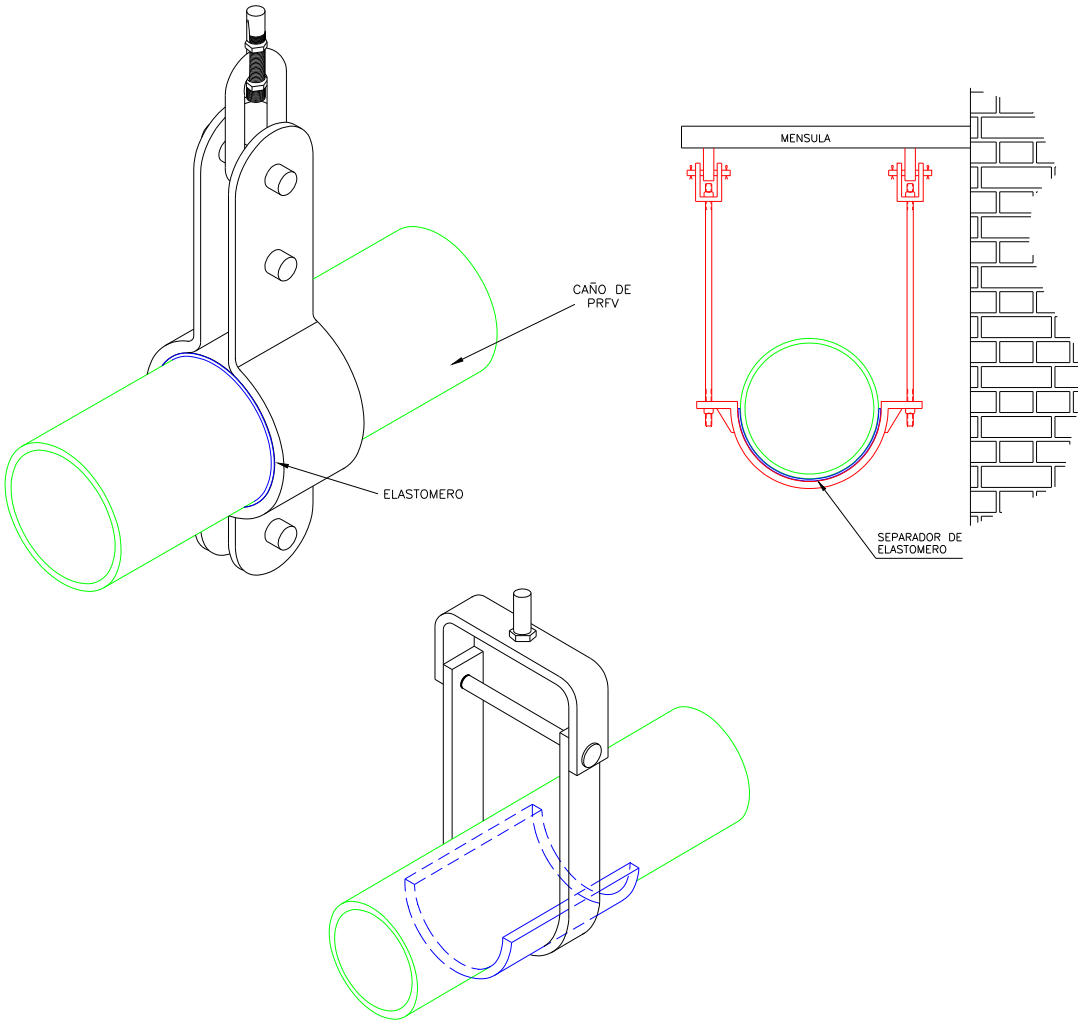
Diámetro del caño		PN 150 (10.5 bar)	PN 75 (5.25 bar)	PN 50 (3.5 bar)	PN 25 (1.75 bar)
pulgadas	mm	m	m	m	m
1	25	1.5	1.5	1.5	1.5
1 ½	38	2.0	2.0	1.8	1.8
2	50	2.0	2.0	2.0	2.0
3	75	2.0	2.0	2.0	2.0
4	100	2.5	2.5	2.5	2.5
5	125	2.5	2.5	2.5	2.5
6	150	3.0	3.0	3.0	3.0
8	200	3.0	3.0	3.0	3.0
10	250	3.5	3.5	3.5	3.5
12	300	4.0	4.0	4.0	4.0
14	350	4.0	4.0	4.0	4.0
16	400	4.5	4.5	4.5	4.5
18	450	5.5	4.5	4.5	4.5
20	500	5.5	5.0	5.0	5.0
24	600	5.5	5.0	5.0	5.0

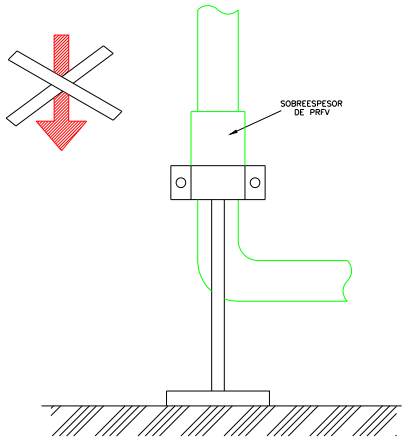
Los tubos no deben apoyar sobre objetos de aristas o puntas agudas. Se recomienda el uso de mangas de apoyo de 120° o 180° para evitar la concentración de esfuerzos en algún punto. El ancho mínimo de cualquier tipo de apoyo varia según el diámetro del caño, detallados a continuación en tabla 4.A.2.

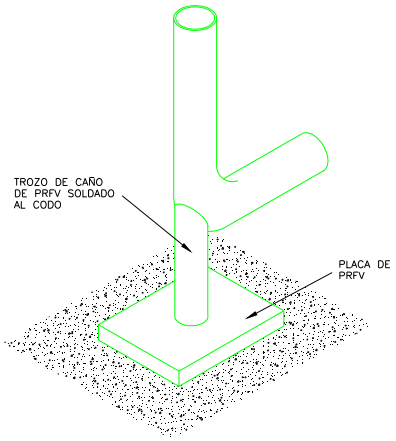
Tabla 4.A.2. Ancho mínimo de apoyos.

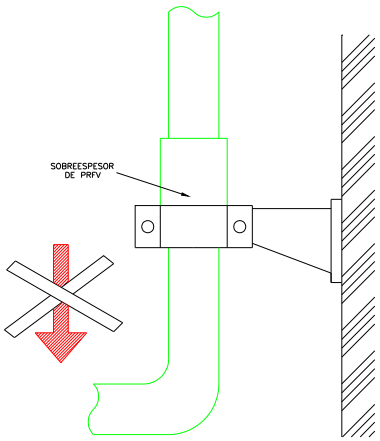
Diámetro del caño		Ancho mínimo del apoyo	
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
1	25	1	25
1 ½	38	1	25
2	50	1	25
3	75	1 ¼	32
4	100	1 ¼	32
5	125	1 ½	38
6	150	1 ½	38
8	200	1 ¾	45
10	250	1 ¾	45
12	300	2	50
14	350	2	50
16	400	2 ½	63
18	450	2 ½	63
20	500	3 ¼	82
24	600	3 ¼	82

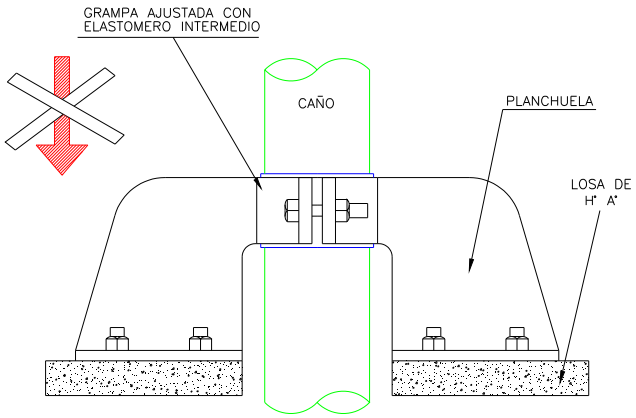
FIGURA 4.A.1- Soportes.

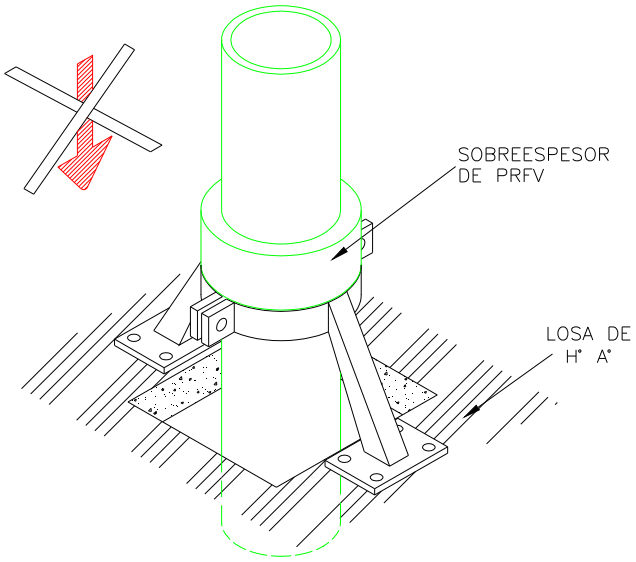












4 . A . 2 - ANCLAJES.

Un anclaje debe sujetar rígidamente a la instalación, restringiendo todo movimiento por la aplicación de cualquier fuerza.

Este elemento divide a las instalaciones en secciones, donde cada una de ellas será independiente en su comportamiento. Por lo tanto será el punto de partida para el cálculo de dilataciones y distancia entre apoyos.

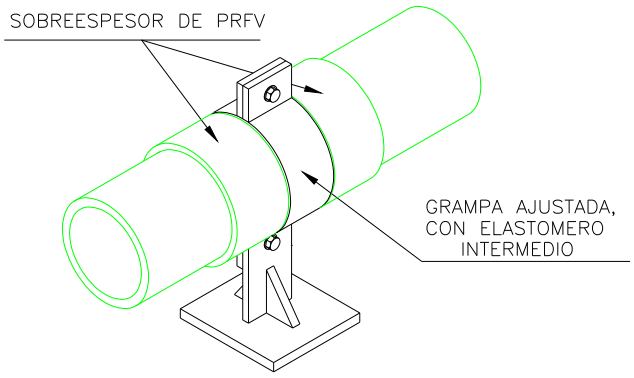
Es recomendable su uso en uniones con cañerías de otros materiales, cambios de dirección, uniones con troncales, válvulas, bridas, etc.

Las uniones con tanques, bombas, etc., pueden considerarse como anclajes.

Cuando se utilice un soporte como anclaje en un tramo de caño, será conveniente la colocación de una manga separadora detallada en “Guías”.

ANCALJE EN UN TRAMO DE UN CAÑO RECTO

RECTRICCION DEL MOVIMIENTO DE LA TUBERIA EN TODAS DIRECCIONES. PUNTO FIJO



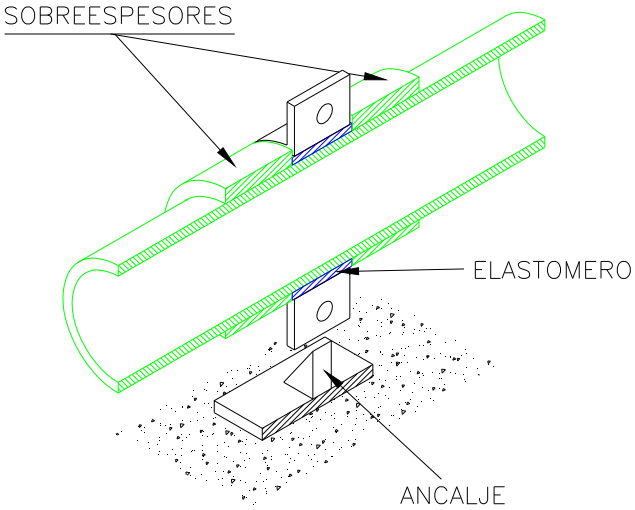
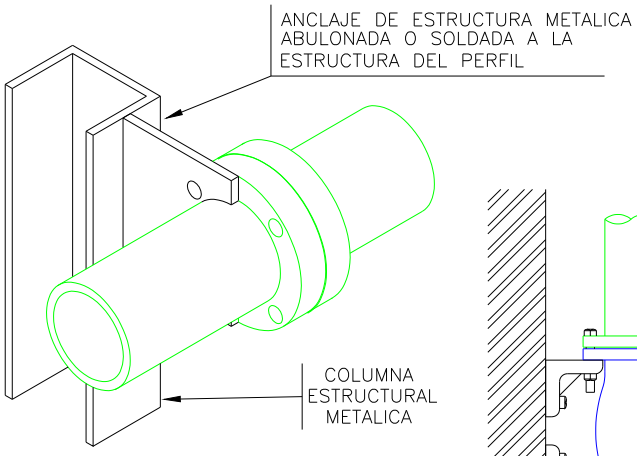
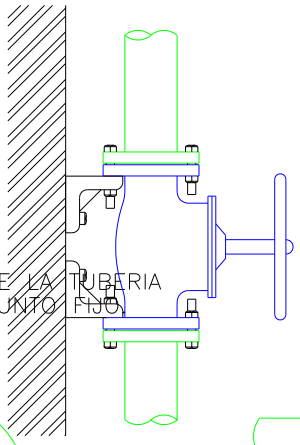


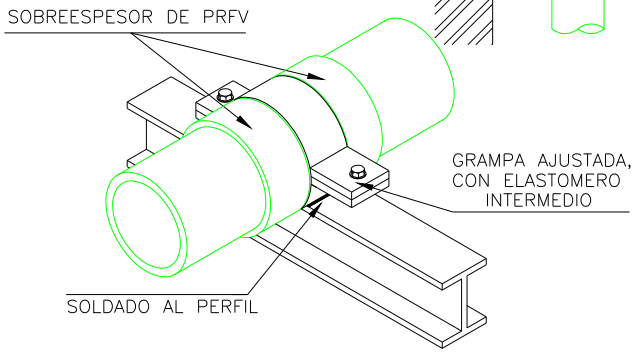
FIGURA 4.A.2- Anclajes.

RECTRICCION DEL MOVIMIENTO DE LA TUBERIA EN TODAS DIRECCIONES.

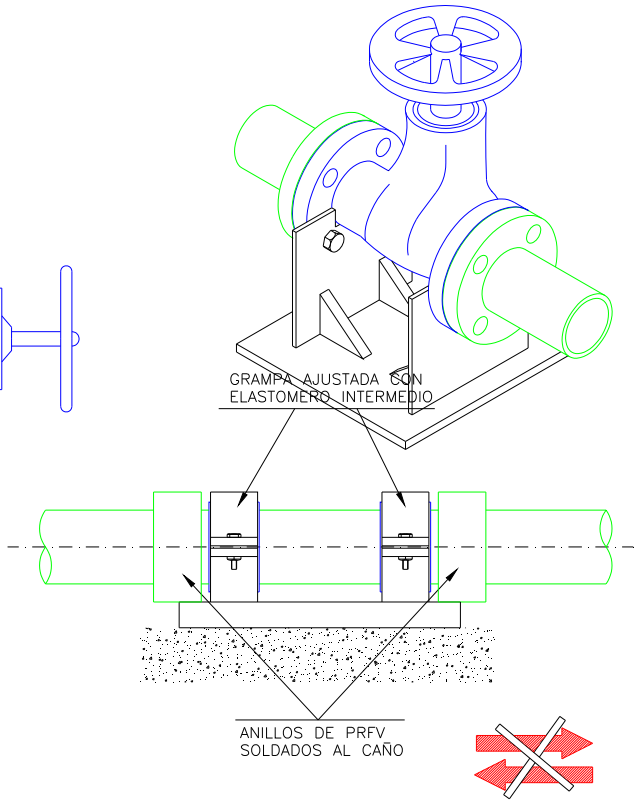


RECTRICCION DEL MOVIMIENTO DE LA TUBERIA EN TODAS DIRECCIONES. PUNTO FIJO





RECTRICCION DEL MOVIMIENTO DE LA TUBERIA EN TODAS DIRECCIONES Y SOPORTE DE VALVULA. PUNTO FIJO.

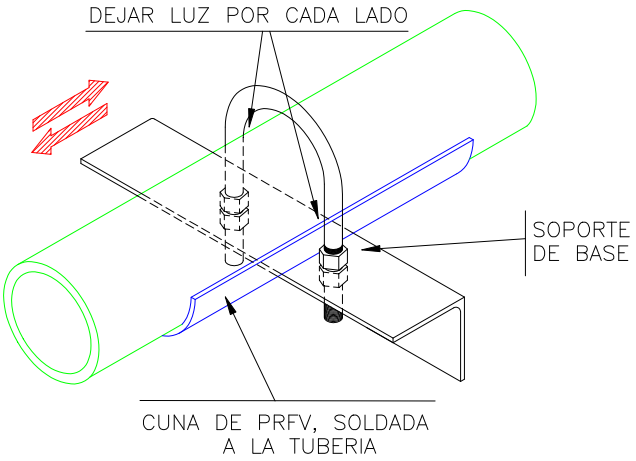


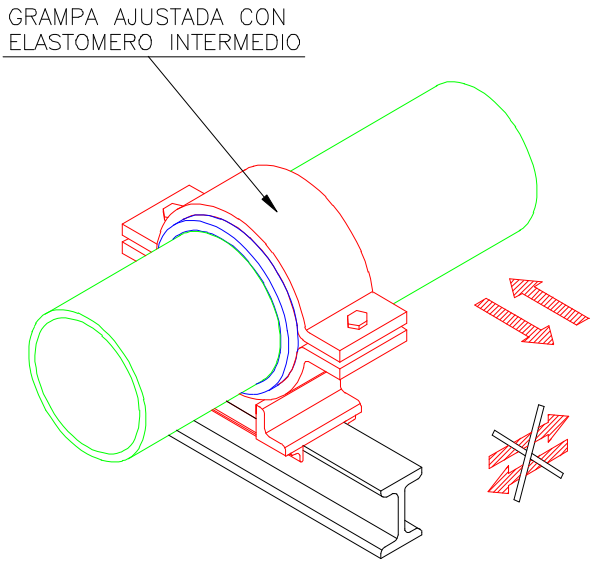
4 . A . 3 - GUIAS.

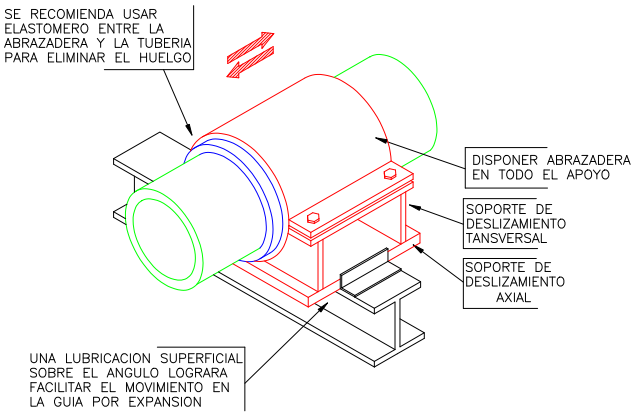
La guía tiene la finalidad de prevenir la deformación por flexión lateral, provocada por dilatación térmica de la cañería, permitiendo únicamente el movimiento axial de ésta.

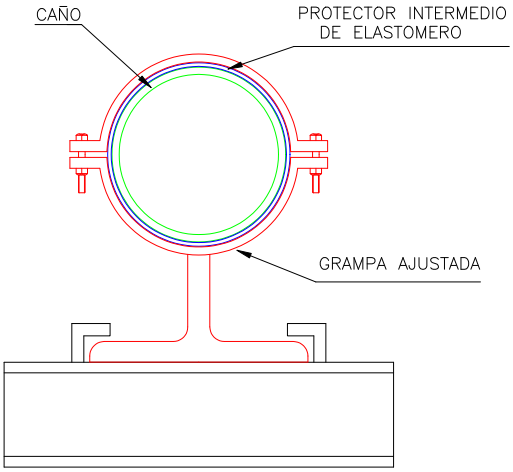
Una guía no debe tomarse como soporte, no esta diseñada para recibir cargas.

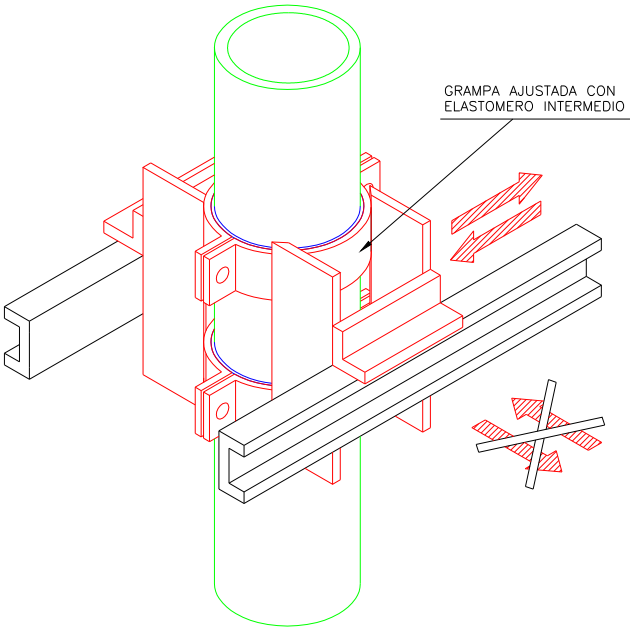
FIGURA 4.A.3- Guías







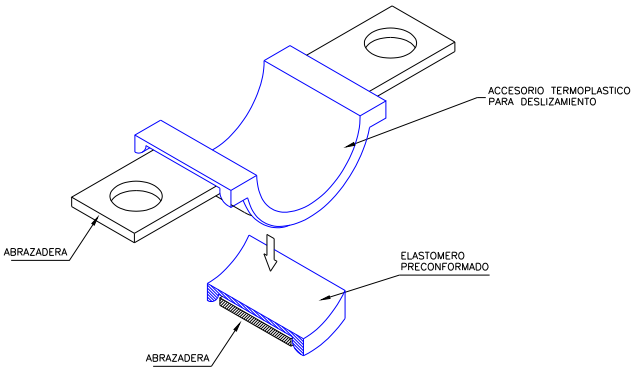




4 . A . 3 . a - Mangas separadoras.

En las guías es recomendable el uso de mangas separadoras entre el caño y ésta, para evitar la fricción provocada por el movimiento axial. En soportes se la utiliza para acondicionarlo a la función de guía. En los anclajes se usa para evitar la concentración de tensiones en alguna zona. Este separador es conveniente que sea adherido al caño para que acompañe el movimiento de la instalación en cualquier dirección. Deberá ser de un material no abrasivo (por ej.: P.R.F.V., polietileno, polipropileno, P.V.C., elastómero, teflón, etc.), o bien dos medias cañas de 180°, de un caño de diámetro interior igual (en soportes y anclajes) o mayor (en guías) al diámetro exterior de la instalación a proteger. Su largo (L) será igual o mayor al diámetro exterior de la manga.

FIGURA 4.A.4- Mangas separadoras.



4 . A . 5 - VIBRACIONES.

Es muy común en instalaciones que equipamientos generen vibraciones radiales, axiales y/o combinadas, ya sea por causas propias, como en el caso de bombas, o ajenas, donde se producen por el choque del fluido en movimiento con obstáculos en su circulación, por ejemplo válvulas. Estos esfuerzos deben ser compensados o independizados de la cañería con el fin de evitar la transmisión de esfuerzos a ésta.

Recomendamos previo a la elección del sistema de compensación un estudio de las vibraciones *in situ*, puesto que algunas de ellas podrán ser absorbidas por el bajo módulo de elasticidad del P.R.F.V., y bastará con la aplicación de mangas separadoras en los dos o tres primeros puntos de sujeción, sean estos guías, soportes o anclajes (ver punto 4.A.3.a.). Donde se presenten vibraciones que comprometan la integridad de la instalación será menester aislar la cañería de los equipos y/o accesorios que las generen mediante el uso de amortiguadores de vibración; dado los factores a considerar para su correcta elección sugerimos dirigirse a los fabricantes de éstos elementos.

4 . B -DILATACION TERMICA

Las instalaciones aéreas deben ser montadas de manera tal que no pandeen por acción de la dilatación térmica o que no se comprometa su integridad debido a compresión por esa misma razón.

Como regla general, el coeficiente de dilatación térmica longitudinal de los caños de P.R.F.V. es superior al del acero, de lo que se desprende que para un igual Δ de temperatura tendremos un mayor Δ de longitud, pudiendo variar levemente ya sea por la resina utilizada o por el tipo de refuerzo (ángulo de enrrollamiento, resina, espesor de las capas, etc.),.

4 . B . 1 - DISTANCIA ENTRE GUIAS.

Esa variación en la longitud, según el caso, puede ser absorbida por un esfuerzo de compresión en todo el tramo de tubería, gracias al bajo módulo de elasticidad del P.R.F.V.. Bastará con solo colocar guías a lo largo de la linea.

La distancia máxima entre guías (L) será calculada por la siguiente formula.

$$L = 1{,}45 \left[\frac{(Ri+e)^2 + Ri^2}{\alpha \cdot \Delta t} \right]^{1/2}$$

Donde: L : Distancia máxima entre guías (cm).

Ri : Radio interno del caño (cm).

. e : Espesor del caño (cm).

α : Coeficiente de dilatación térmica lineal (cm/ cm°C).

Δt : Variación de temperatura (°C)

FIGURA 4.B.1- Distancia entre guías.

Espacio para gráficos

Nota : Es conveniente tener en cuenta que la única finalidad de una guía es la de corregir deformaciones en la cañería y de ninguna manera esta diseñada para resistir el peso de ésta, en cambio los soportes pueden acondicionarse para actuar como guías (soporte deslizantes o patines).

4 . B . 2 - METODOS PARA EVITAR DAÑOS POR DILATACION.

Para los casos donde las características mecánicas del material sean superadas (resistencia a la compresión), el efecto debe ser absorbido en los puntos críticos mediante la construcción de "omegas" de dilatación o bien intercalando juntas de absorción de dilatación.

4 . B . 2 . a - Omegas de dilatación.

Este sistema para absorber dilatación, conocido como "omega", consiste en una desviación de la línea recta de un tramo de cañería, para luego continuar su traza recta.

Esta desviación consta de tres tramos, dos iguales (a), paralelos entre ellos y perpendiculares a la línea de la instalación, y otro paralelo a ésta (b).

El efecto de la dilatación genera un esfuerzo de compresión en el extremo de la tubería, que será absorbido por la omega mediante la flexión de los tramos perpendiculares.

Los tramos "a" se calculan en función del Δl más desfavorable de los tramos adyacentes (hasta el anclaje o punto fijo mas alejado), mediante la utilización de la siguiente ecuación :

$$a = 38.73 \; (\varnothing \, . \, L \; . \, \alpha \, . \, \Delta t)^{1/2}$$

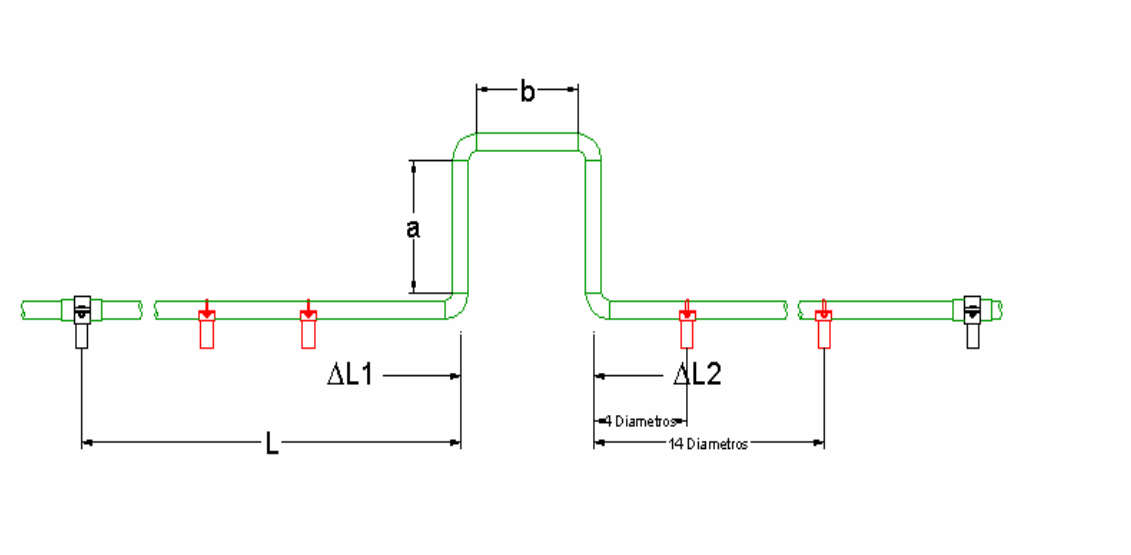
Donde:
- a : Largo de los tramos de desvío (libre de accesorios) (cm).
- $\varnothing$: Diámetro nominal de la instalación (cm).
- L : Largo del tramo adyacente mas desfavorable (cm).
- α : Coeficiente de dilatación térmica lineal (cm/cm °C).
- Δt : Variación de temperatura (°C).

El tramo "b" se calcula en función de "a" :

$$b = (½) \, a$$

Donde b : Largo del tramo paralelo a la instalación (libre de accesorios) (cm).

FIGURA 4.B.2- Omega de dilatación



4 . B . 2 . b - Juntas de dilatación.

Como ya fue indicado, por sus características físicas, una instalación de P.R.F.V. ejercerá en su extremo una menor fuerza de compresión respecto a una de acero, por lo que al seleccionar una junta de dilatación será conveniente tener en cuenta que debe ser sensible a este esfuerzo; la cual podrá calcularse por la siguiente formula :

$$F = \left[\frac{0{,}85.\pi^2.E.I}{L^2} \right]$$

Donde : F : Fuerza ejercida en extremo de la tubería (kg.).

E : Módulo de elasticidad (kg/cm^2).

I : Momento de inercia de la sección del caño (cm^4).

L : Distancia entre guías (cm).

Nota : El valor de la fuerza aquí presentada tiene aplicado un coeficiente de seguridad con respecto al esfuerzo de compresión critico igual a 4.

La variación de longitud se calculará por la siguiente fórmula:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta t \cdot L$$

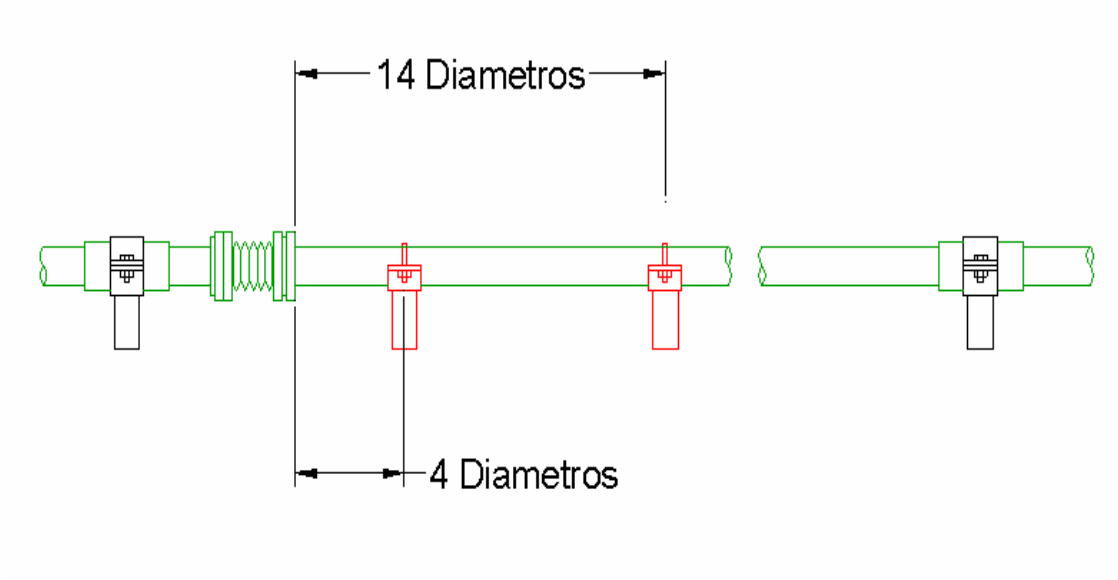
Donde : ΔL : Variación de longitud del tramo (cm).

α : Coeficiente de dilatación térmica lineal (cm/cm°C)

Δt : Variación de temperatura (°C).

L : Longitud total del tramo (cm).

FIGURA 4.B.3- Junta de dilatación.



4 . B . 2 . c - Cambios de dirección.

Los cambios de dirección pueden ser utilizados como una forma económica para absorber dilatación.

Otro aspecto a tener en cuenta es que un deficiente montaje en este lugar puede dar cabida a esfuerzos que superen los admisibles del material.

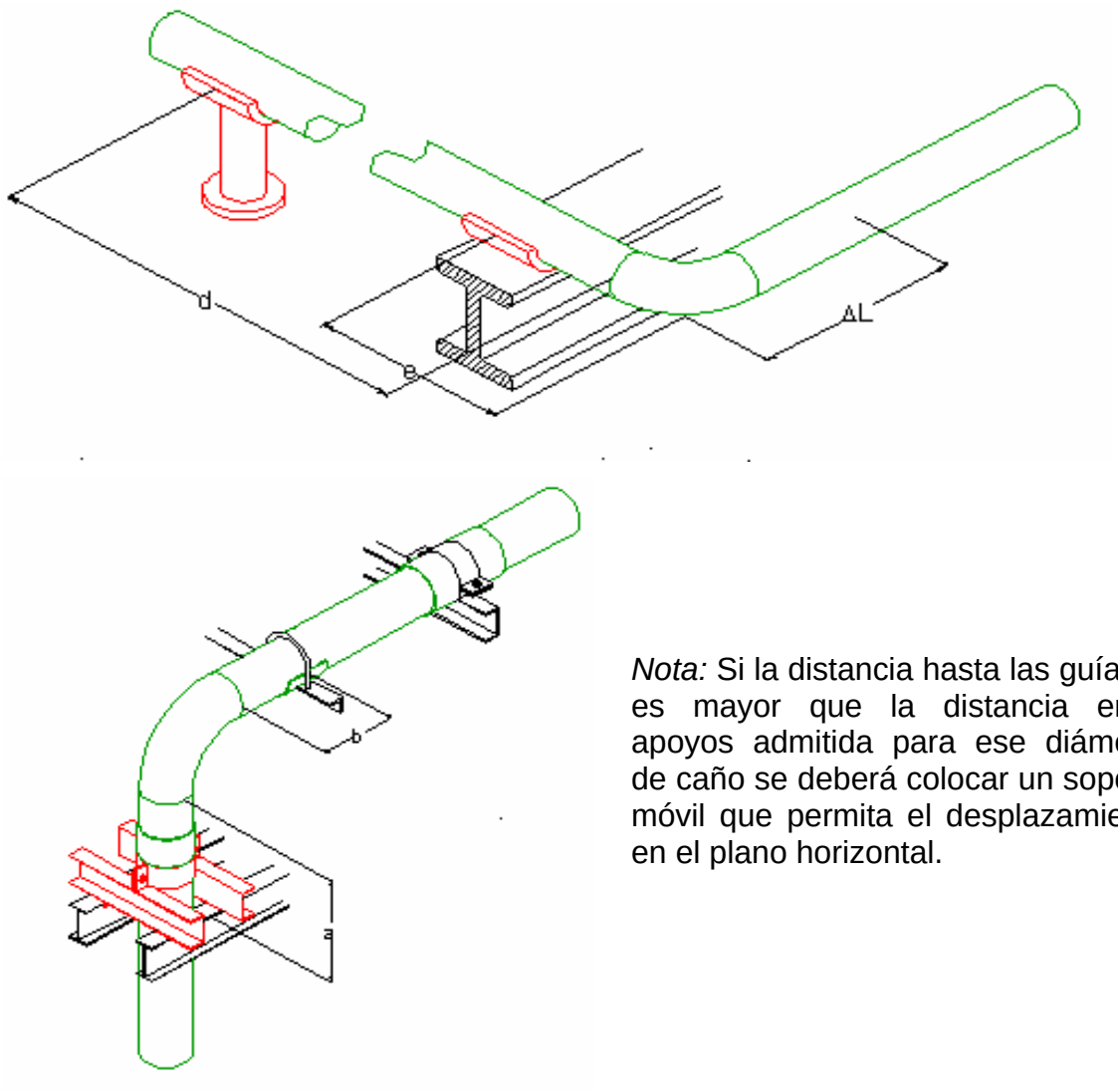
Por lo tanto, en los casos donde no se sujete el codo mediante soportes rígidos o anclajes será necesario calcular las distancias del accesorio hasta la guía, pudiendo utilizar la siguiente relación :

$$d = 1{,}4 \cdot a.$$

Donde d : Largo del tramo de caño (libre de accesorio) (cm).

a : Largo del tramo (calculado en “omegas”)(cm).

FIGURA 4.B.4- Cambio de dirección.



Nota: Si la distancia hasta las guía (d) es mayor que la distancia entre apoyos admitida para ese diámetro de caño se deberá colocar un soporte móvil que permita el desplazamiento en el plano horizontal.

4 . B . 2 . d -Distancias máximas desde la omega o junta de dilatación hasta las primeras guías.

Con el dimensionado del tramo “a” en la omega de dilatación se busca que sea éste el que flexione y no el sector de instalación adyacente, por lo tanto se reforzaran dichas zonas mediante la colocación de guías a determinadas distancias, que también deben permitir el movimiento axial de cañería.

Para cada uno de los lados, el refuerzo consiste en dos guías que actuarán como puntos de apoyo para que el caño se comporte como una palanca, debiendo montarlas a las siguientes distancias desde los accesorios (libre de ellos):

1ª guía : 4 diámetros

2ª guía : 14 diámetros

En el caso de haber optado por el uso de junta de dilatación se utilizara el mismo criterio para el montaje de las guías adyacentes.

Nota: Si las distancias resultantes fueran mayores a las dadas entre soportes para ese diámetro, deberá adoptarse ésta última.

4 . C - INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS.

A la hora de utilizar un caño para instalaciones subterráneas es necesario inicialmente tener en cuenta una serie de aspectos del lugar como resistencia del suelo, profundidad de la capa freática, profundidad de la instalación y transito posterior. Estas serán determinantes de un procedimiento de colocación.

4 . C . 1 - ANCHO DE LA ZANJA.

El ancho de la zanja debe ser aproximadamente igual al diámetro del caño más 15 cm por cada uno de los laterales o bien el mínimo indispensable para lograr una buena operación de apisonado de los rellenos laterales. Un ancho de zanja excesivo no es recomendable debido a que las “paredes” de la zanja actúan como contención de deflecciones laterales por dilatación.

4 . C . 2 - PREPARACIÓN DEL SUELO.

Dado que la cañería debe apoyar en todo su recorrido en el suelo, éste será firme y sin relieves pronunciados que no puedan ser copiados por el desarrollo de la instalación, para evitar asentamientos diferenciales en algún tramo de caño y que éste comience a actuar como una viga que soporte el material de relleno superior y la sobrecarga de uso.

Donde es buena la resistencia del suelo en el fondo de la zanja, ésta calidad de terreno se logrará mediante una capa de 10cm a 15 cm de arena compactada.

En lugares donde la resistencia del suelo sea baja, sera necesario realizar un trabajo de consolidación previo a la capa de arena, con el fin de que

la instalación no sea soporte de cargas no deseadas como consecuencia de deficiencias del terreno.

En aquellos casos de existencia de capas freáticas altas sera necesario “achicar” la zanja y realizar los trabajos correspondientes para acondicionar el fondo de ésta para el apoyo de los caños.

En los lugares de unión de tramos, ya sea por soldadura o por cupla, se deberá practicar sobre la superficie del apoyo una leve concavidad con el fin de alojar a esta.

4 . C . 3 - RELLENOS LATERALES.

4 . C . 3 . a - Primer relleno lateral.

El relleno lateral es fundamental para evitar deflecciones laterales de la instalación. Este debe ser arena o material de fina y uniforme granulometría. Se debe compactar en capas no mayores de 15 cm, en forma pareja sobre ambos lados de la cañería para prevenir la deflección de ésta hacia uno u otro lado de la zanja, tratando de evitar el apisonado violento, puesto que ésta práctica puede conseguir que el material de relleno despegue el caño de la superficie preparada para el apoyo; aunque se deberá tomar especial atención en que el relleno cubra el total del semiperímetro inferior del tubo.

4 . C . 3 . b - Segundo relleno lateral.

Con este relleno comenzará la tapada de la instalación. Al igual que el relleno primario, el material a utilizar sera de las mismas características y las capas a compactar no deberán ser mayor de 10 o 15 cm. Se realizarán apisonados suaves evitando dar golpes sobre el semiperímetro superior del caño puesto que estos pueden dañar la capa interior del caño (barrera química) sin que sea visible desde el exterior. Esta consideración se tiene en cuenta aún cuando la cañería ya este tapada y no sea visible.

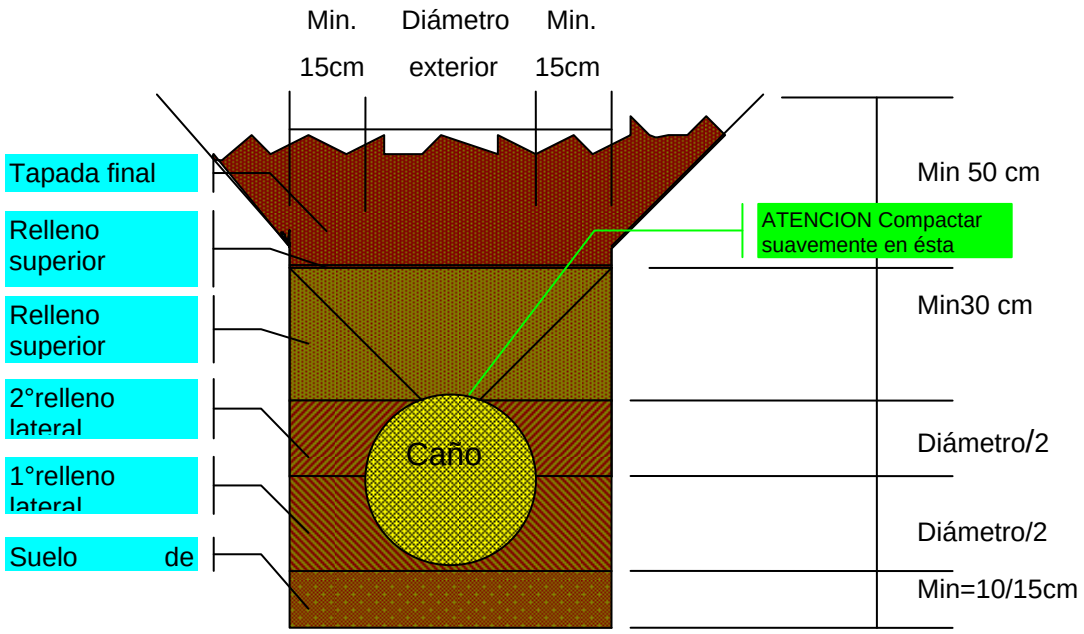
4 . C . 4 - RELLENO SUPERIOR.

En esta etapa se procederá al tapado total del caño, con material de iguales características al utilizado en el relleno de los laterales. Con el fin de evitar la ovalización del tubo, al hacer el apisonado, se debe tener en cuenta de que forma se realiza, puesto que la transmisión del esfuerzo provocado por los golpes desde la superficie hacia las capas inferiores de relleno no es vertical, sino que se proyecta con un ángulo aproximado de 45° hacia ambos lados del eje de golpe, pudiendo variar con el relleno utilizado (ver fig. 4.C.1). En la figura 4.C.1., de sección de la zanja, se detalla la zona donde no es conveniente compactar .

4 . C . 5 - TAPADA FINAL.

La tapada final de la zanja se realizará con tierra del lugar, sin importar su granulometría. Se evitará en este paso el apisonado del material hasta por lo menos 50 cm del relleno superior. Como en el paso anterior, se tendrá especial cuidado en esta tarea para que los golpes no se transmitan directamente a la instalación.

FIGURA 4.C.1- Corte trasversal de una instalación subterránea y detalle de rellenos y tapada.



Notas : Preferentemente el material de relleno sera arena sin contenidos de canto rodado. Esta podrá ser reemplazada por tierra del lugar, siempre y cuando esta sea de granulometría fina y uniforme (falta indicar algunos tipos de suelos a evitar). No debe haber contacto de los caños con piedras o materiales

pesados y de aristas agudas (eje: escombros, perfiles metálicos, maderas, etc.).

Si bien el humedecimiento puede ayudar al compactado del relleno, recomendamos evitarlo debido a que un exceso de agua puede contribuir a la formación de barros en algunas sectores de la zanja, a la creación de asentamientos diferenciales, o provocando que la cañería tienda a flotar por su interior hueco.

Por cualquier consulta sobre tipos de suelos y grado de compactacion sugerimos remitirse a la norma ASTM D 2487-93.

Recomendamos el uso de una malla de advertencia y localización (de ser factible rotulada) a un mínimo 50 cm del caño para que en futuros trabajos se eviten daños de la instalación y/o se facilite su identificación.

4 . C . 6 - PUNTOS FIJOS.

En dilatación de cañerías se denomina punto fijo al lugar físico donde éstas estén restringidas de libertad axial y de movimientos laterales, y a partir de la cual se considera un tramo de instalación a los efectos de los cálculos de dilatación.

En instalaciones subterráneas las pequeñas deformaciones que permite el material (en cambio de direcciones o deflexiones laterales) quedan anuladas, y cualquier accidente en el desarrollo de estas (curvas, tes, válvulas, etc.) se toma como punto fijo.

Debido a que las condiciones de uso pueden producir variaciones de las características del terreno (asentamientos diferenciales, tránsito vehicular), y con el fin de que no se modifiquen las condiciones iniciales de cálculo a la dilatación, es aconsejable el armado de bloques de hormigón en todo cambio de dirección o algún punto de tramo recto que luego sea considerado como inicio de tramo.

Cada bloque será dimensionado acorde a las posibles cargas y la naturaleza del terreno.

Las cámaras para alojamiento de juntas de dilatación serán consideradas puntos fijos cuando el tramo en cuestión esté anclado a ésta.

4 . C . 7 - JUNTAS DE DILATACION EN INSTALACIONES SUBTERRANEAS.

A diferencia de las instalaciones aéreas, donde la dilatación es en parte es absorbida por deflexiones en la línea, en las instalaciones subterráneas éste efecto se anula por acción de los rellenos de la zanja, por lo tanto el único movimiento admisible a la cañería es en el eje axial.

Debido al bajo módulo de elasticidad del P.R.F.V. este efecto de dilatación lo pueden absorber los caños hasta donde la resistencia a la

compresión del material lo admita. En tramos demasiado largos donde ésta resistencia sea superada, será menester la utilización de juntas de dilatación .

(Cabe acotar que en este tipo de instalaciones generalmente es imposible el uso de omegas, o absorber la dilatación en algún cambio de dirección puesto que éstos se toman como puntos fijos de tramos para el cálculo).

Los métodos para el calculo de la fuerza ejercida en el extremo y para la variación de la longitud son las mismas enunciadas para instalaciones aéreas, en el punto 4.B.2.b..

4 . C . 7 . a - Método sugerido para el montaje de juntas de dilatación en instalaciones subterráneas.

Con el fin de que la junta de dilatación cumpla con su función sera conveniente alojarla, o disponer su instalación, dentro de una camara, para lo que sugerimos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La cámara debe ser preferentemente armada *in situ*, con espacios laterales, inferior y superior suficientes a los fines de facilitar el posterior armado de las bridas (montaje de la junta).
- La cámara puede ser punto fijo de uno de los tramos adyacentes o de ninguno de ellos, siendo en este último caso únicamente una cámara de inspección.
- Para los tramos donde se utilice la cámara como punto fijo se deberá anclar la cañería de forma tal que se anule todo movimiento axial, mediante el laminado de sobreespesores en la superficie exterior del caño, las cuales podran estar amuradas (ver fig 4.C.2), o laterales a las paredes de la camara (fig 4.C.3).
- En los lugares donde se permita el movimiento axial de la cañería se colocará un pasamuros a manera de camisa, con el fin de asegurar el movimiento axial y evitar daños en la superficie exterior del caño (figuras 4.C.2.- 4.C.3- 4.C.4-).

FIGURA 4.C.2- Cámara para alojamiento de junta de dilatación con anclaje amurado para uno de los tramos y libertad axial en el otro.

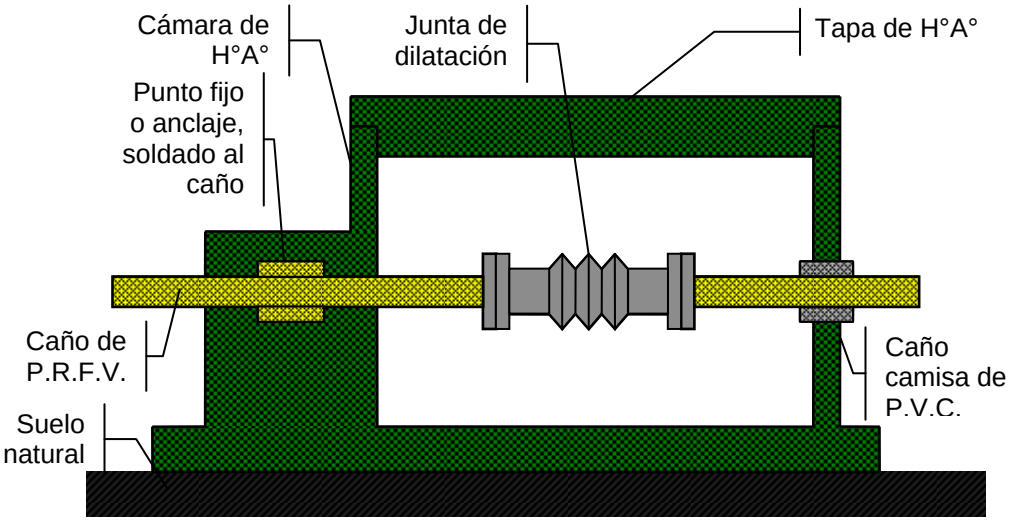


FIGURA 4.C.3- Cámara para alojamiento de junta de dilatación con anclajes soldados laterales a la pared, para uno de los tramos y libertad axial en el otro.

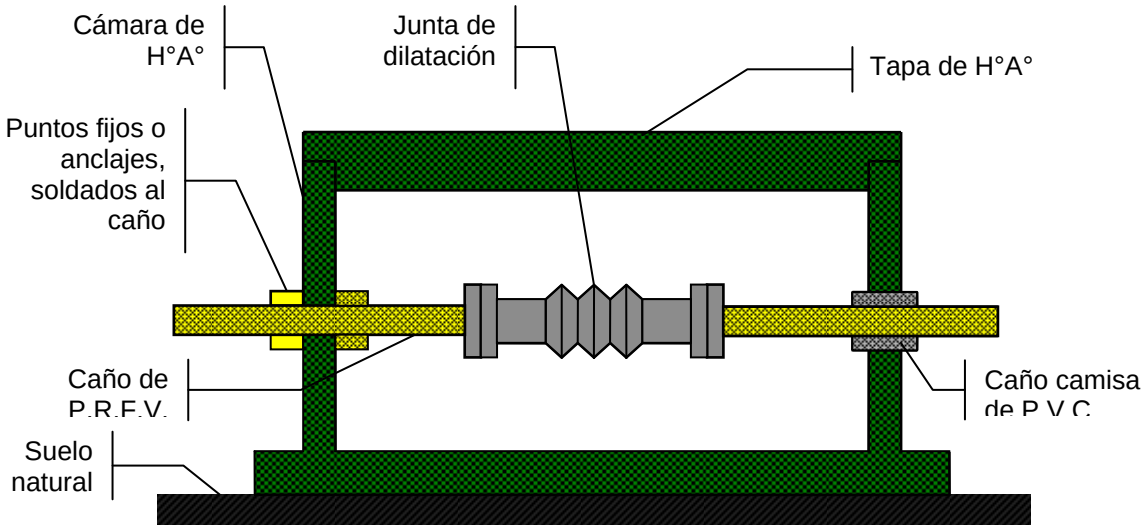
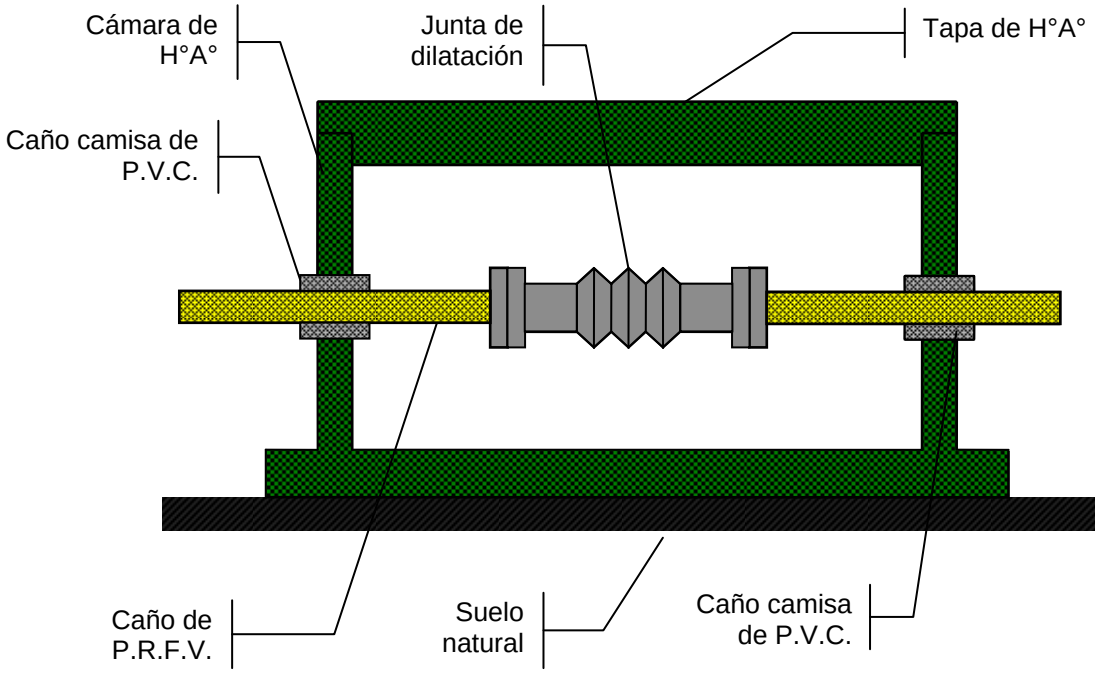


FIGURA 4.C.4- Cámara para alojamiento de junta de dilatación sin anclajes o puntos fijos, con libertad axial en ambos tramos adyacentes.



4 . D - MEDIOS DE UNION.

La unión de caños y accesorios de P.R.F.V. es un tema extremadamente crítico y está directamente relacionado con la vida útil de los mismos.

Los métodos para unir los caños AISTER®, y que a continuación detallaremos, son soladuras a tope y uniones bridadas.

4 . D . 1 - SOLDADURA A TOPE.

En este sistema es imprescindible asegurar el perfecto contacto y sellado del liner de cada extremo, de modo que la barrera química sea continua y el producto corrosivo no tenga posibilidades de entrar en contacto con el refuerzo mecánico; si esto último aconteciera el fluido comenzaría a desplazarse por capilaridad a lo largo de las fibras de vidrio continuas, atacándolas, debilitando la estructura mecánica, perdiendo en poco tiempo la estanqueidad y todas sus características mecánicas.

El procedimiento de soldadura que a continuación describiremos es el más eficaz y se ha arribado a esta conclusión después de años de experiencia en la industria química y petroquímica europea. Años antes de poner en práctica éste método se utilizaba el sellado con una pasta preparada con la misma resina con la que se construyó la cañería y una carga inerte, como por ejemplo talco de cuarzo; si bien hay algunas normas que todavía lo contemplan, la tendencia es eliminarlo debido a que permite que se produzcan distorsiones (ha sido bastante frecuente en nuestro país) como ser: **a)** usar cargas que son atacadas por los productos químicos o usar directamente masilla plástica (que no posee ninguna propiedad anticorrosiva), **b)** permitir aberturas grandes entre extremos con el fin de calafatearlas (mala tarea de cañistas), originando cuarteamientos, zonas mal curadas, etc..

4 . D . 1 . a - Procedimiento de soldadura.

Este procedimiento supera a lo especificado por las normas DIN 16966 Part 8 y UHDE 3030-14 (alemanas) y cumple con lo indicado por la norma AFNOR NFT 57900 (francesa) y perfeccionamiento según norma SOLVAY (belga).

I.- Preparación de los extremos de caños y accesorios.

1. Corte a 90°,con respecto al eje axial (si no lo estuviera).
2. Bisel con un ángulo de forma que este abarque a la barrera química en una longitud de entre 40 mm y 80 mm (ver gráfico de esquema), dependiendo del espesor de la misma.
3. Lijado de la superficie exterior del caño y/o accesorio sobre una longitud de aproximadamente 1,5 veces el radio, o mayor al bisel, para diámetros pequeños.
4. Presentación de los extremos y corrección de cualquier deficiencia que impida el contacto del talón con todo el perímetro, utilizando placas perfectamente planas para el control “flapas”.

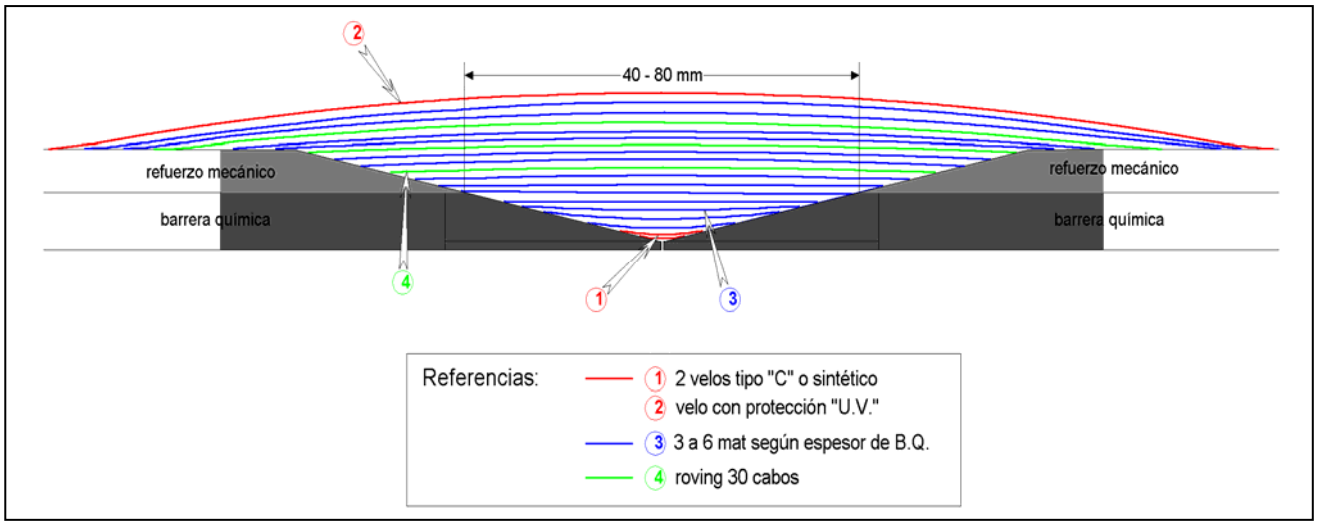
II.- Fijación definitiva de las piezas entre ellas.

1. Presentación de los extremos mediante “presentadores” metálicos exteriores u otro sistema auxiliar interior como respaldo (por ej.: aros de material termoplástico).
2. En determinadas ocasiones se ayuda a mantener fijas las piezas con tres (3) gotas de adhesivo anaeróbico instantáneo.
3. Limpieza de los biseles con acetona.

III.- Aplicación de las sucesivas capas.

1. Con el fin de reconstituir la barrera química del caño, se comienza con dos (2) velos de vidrio Tipo “C” o sintético y tres a seis (3 a 6) mat de 450 gr./m^2 hasta completar el espesor de ésta.
2. Se intercalan tejidos roving de 30 cabos entre uno o dos (1 o 2) mat de 450 gr./m^2 (según espesor) aumentando el ancho en aproximadamente 25 mm. entre una capa (faja)y la subsiguiente.
3. El espesor de la soldadura deberá ser como mínimo igual al espesor del caño teniendo en cuenta que cada Mat 450 proporciona un espesor de aproximadamente 1mm. y cada tejido tejido Roving aproximadamente 0,5 mm.
4. Se finaliza con un (1) Mat de 450 como mínimo, y por último un (1) velo de superficie, que también será tipo “C”, y tendrá incorporado inhibidor de rayos ultravioleta en la resina de ésta última capa.
5. El ancho final de la soldadura deberá ser como mínimo igual al diámetro del caño.
6. Cada soldadura se identifica mediante una etiqueta incorporada a la última capa que contenga nombre de la empresa ejecutante, tipo de resina, fecha, operarios y en lo posible completar con otros datos como : sistema de curado, temperatura ambiente, humedad, etc..

FIGURA 4.D.1- Procedimiento de soldadura



4 . D . 2 - UNION BRIDADA.

Las extremidades de los caños pueden presentar partes ensanchadas y planas destinadas a la unión denominadas bridas. Las dos caras (o espejos) de las bridas destinadas a unirse entre si deben quedar perfectamente paralelas, colocándose entre ellas la guarnición o junta, con forma de anillo, que será prensada por la acción de bulones convenientemente ajustados (ver 4.C.2.c.), para conseguir la estanqueidad deseada.

Este sistema permite la unión de caños entre ellos como así también con accesorios o cañerías de diferentes materiales (de igual norma y serie) como: juntas de absorción de dilatación, tanques, filtros, válvulas, etc.

Comunmente es utilizado en aquellos casos donde la factibilidad de cambios en la ingeniería es altamente probable, dado que el armado y desarmado es de los más rápidos y sencillos.

4 . D . 2 . a - Tipos de bridas.

Tal como se muestra en el punto 3.B.4.a., en el sistema de cañerías AISTER ® la conexión puede ser por cuello con brida fija (brida con chicote) o cuello con brida suelta (tipo Van Stone), para soldadura a tope con caños y/o accesorios de P.R.F.V de igual diámetro y similares características. En ambos casos, como también en las bridas ciegas, el agujereado estándar responde a la distribución y diámetros enunciados por la norma ANSI B 16.5 serie 150, salvo otra indicación del cliente.

4 . D . 2 . b - Juntas.

Las juntas utilizadas son planas, de material elastomérico (de caucho natural, neopreno, hipalon, viton o butílico), de dureza Shore entre 50 y 70 seleccionado de acuerdo a las condiciones y productos con los que estarán en contacto. Para la selección recomendamos dirigirse a los fabricantes de éstas.

Para el caso de cuello con brida fija, las juntas pueden abarcar el 100% de la superficie de cara frontal ("full face"), siendo ésta muy importante a los efectos de evitar que se provoquen sobretensiones en el ajuste y consecuentes fisuras o roturas en la instalación, u ocupar aquella superficie del espejo libre de agujeros ("ring face", autocentrante); pudiendo ser en ambos casos con inserto metálico o sin él.

En cambio para el caso de cuello con brida suelta solo pueden ser tipo "ring face".

4 . D . 2 . c - Apriete de bulones en uniones bridadas.

En la tarea de apriete de la unión bridada se debe tener en cuenta la naturaleza de cada una de las bridas a unir. El P.R.F.V. es un material con un bajo módulo de elasticidad, lo que permite posibles deformaciones del espejo de la brida sin que llegue a romper; pero, los inconvenientes pueden presentarse en la unión con materiales de distinto módulo de elasticidad, por lo que recomendamos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Donde ambas bridas sean de P.R.F.V., las dos serán pasibles de la misma deformación.
- Donde la brida de P.R.F.V. sea unida a otra de acero, será la primera la que absorba todos los esfuerzos a través de su deformación.
- Donde la brida de P..R.F.V. sea unida a otra de material termoplástico (ej. P.V.C.) será ésta última la que absorba todos los esfuerzos a través de su deformación.

Para el apriete de bridas en aquellos casos donde ambas sean de P.R.F.V. (únicamente) recomendamos respetar los valores de torque máximo indicados en la tabla 4.D.1..

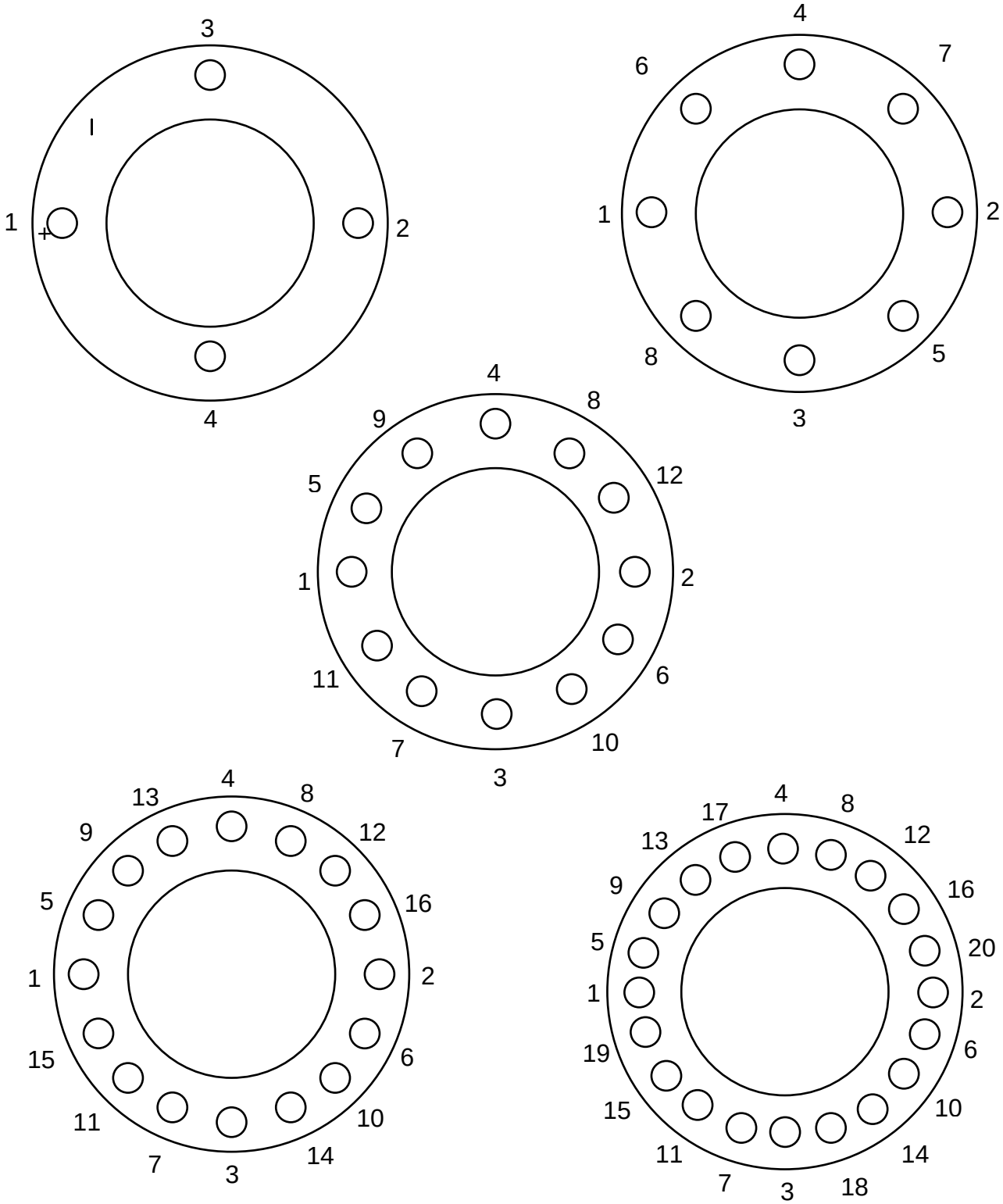
Diámetro		Torque máximo
pulgadas	**mm**	N.m
1	25	15
1 ½	38	20
2	50	25
3	75	30
4	100	35
5	125	35
6	150	50
8	200	50
10	250	50
12	300	60
14	350	60
16	400	70
18	450	70
20	500	80
24	600	80

Tabla 4.D.1- Torque máximo de apriete en bridas de P.R.F.V. según Norma 16966 parte 7.

Capitulo 4

Otro aspecto a tener en cuenta es el orden de apriete de cada uno de los bulones de la unión. Con el fin de conseguir una distribución uniforme de los esfuerzos en toda la cara de la brida, sugerimos seguir el orden mostrado en los siguientes gráficos:

FIGURA 4.D.2- Orden de torque en bridas.



4 . E - MANIPULEO Y TRANSPORTE.

4 . E . 1 - ACOPIO DE CAÑOS DE P.R.F.V.

El acopio debe realizarse sobre un suelo plano y nivelado, sobre pallets o tacos de madera blanda (carentes de aristas agudas, clavos, tornillos, alambres, o algún otro objeto punzante o cortante), colocados como máximo cada 3,00 mts. de distancia.

De disponer de espacio para este almacenaje, con el fin de evitar golpes accidentales, seleccionar aquel que este lo suficientemente alejado de playas de maniobras o de transito vehicular intenso.

Importante : Nunca apoyar los caños sobre estructuras con escasa superficie de contacto ya que pequeños golpes o deslizamientos pueden producir fisuras en la barrera química.

Debido a que los caños AISTER son de diámetro uniforme en toda su longitud el apilado sera conveniente realizarlo en forma paralela entre ellos y entre capas o hileras.

Según el diámetro del caño, la cantidad de capas no debe superar el máximo admisible en la tabla 4.E.1.

TABLA 4.E.1

Cantidad de hileras en acopio.

Diámetro		Capas o hileras
de	Hasta	admitidas
1”	5”	10
6”	10”	4
12”	18”	2
20”	24”	1

Importante • No usar, por ningún motivo, la parte superior del acopio para el apoyo de cualquier otro elemento o material.

• Durante el almacenamiento de los caños siempre deberán permanecer colocadas las tapas protectoras plásticas.

Deberán usarse tacos y/o cuñas para trabar los caños con el fin de evitar que la pila se desacomode por acción del peso de las sucesivas capas .

En aquellos casos, que por requerimiento del cliente no posean inhibitorio de rayos U.V. en la capa exterior, será conveniente cubrirlos (lona, nylon, etc.) o bien acopiarlos bajo techo. En el caso de poseer esta protección se pueden almacenar a la intemperie puesto que no serán afectados superficialmente y al ser el P.R.F.V. un material termorrígido no verán afectadas sus características físicas por el calor absorbido por acción del sol.

4 . E . 2 - TRANSPORTE DE CAÑOS DE P.R.F.V.

4 . E . 2 . a - Condiciones del transporte.

Los vehículos de transporte de caños de P.R.F.V. deben tener una superficie de apoyo para los mismos libre de obstáculos, tornillos, hierros o elementos salientes que puedan deteriorarlos.

Ante dudas respecto de la superficie del transporte, se colocarán tarimas, pallets o tablas que separen los caños del piso, distanciados como máximo a 2,00 mts. entre ellos. En los casos donde la carrocería del vehículo sea baja, y sea menester colocar parantes laterales, estos serán acondicionados con algún material blando de manera tal que no dañen a los caños.

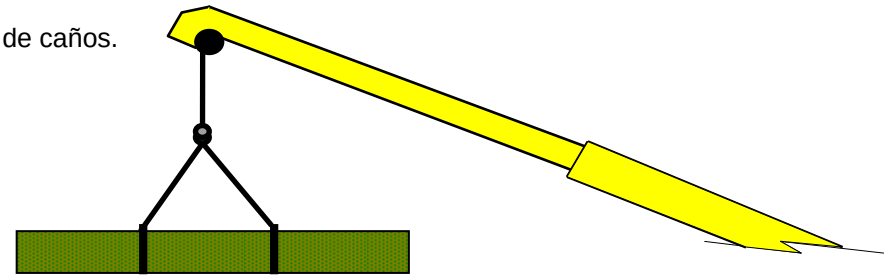
Importante : Recordar siempre que se trata de materiales rígidos y los impactos puntuales les son muy perjudiciales.

4 . E . 2 . b - Carga y descarga.

Para caños de diámetro inferiores a 150 mm. la carga y/o descarga podrá realizarse en forma manual, evitando durante la operación pisar los caños ya cargados.

Cuando sean de diámetro superior a 150 mm. es recomendable hacer la carga y/o descarga con la ayuda de un aparejo, grúa, guinche o similar, tomándolos con fajas de algodón o polipropileno, de por lo menos 50 mm. de ancho. A continuación se grafícan métodos para tomar el caño para el izado.

FIGURA 4.E.1 - Izado de caños.



Se deberán utilizar pallets para la carga y/o descarga en el caso de hacerlo con autoelevador, evitando siempre el contacto de las uñas de este con los caños.

Procurar un correcto ordenamiento de la carga en el vehículo con el fin de evitar deterioros en el curso del transporte.

Los caños sobre el transporte deberán asegurarse de manera que no golpeen entre ellos, mediante el intercalado de cintas plásticas, fajas de membrana de espuma de polietileno, o nylon con celdas de aire (acolchado).

Nunca, por ningún motivo, superar la cantidad de capas indicadas en la tabla 4.E.2..

Tabla 4.E.2- Cantidad de hileras en transporte.

Diámetro		Capas o hileras
de	**hasta**	**admitidas**
1”	5”	20
6”	10”	8
12”	18”	5
20”	24”	3

4 . E . 3 - MANIPULEO DE ACCESESORIOS DE P.R.F.V.

4 . E . 3 . a - Transporte.

Los accesorios de P.R.F.V. AISTER® son provistos, de acuerdo a su tamaño, en cajas de cartón (accesorios pequeños) o paletizados (accesorios de grandes dimensiones) con envoltorio de film streech.

Es recomendable desembalar los accesorios en el momento de uso, en el lugar del montaje.

En aquellos casos donde esto no sea posible, se deberán evitar los golpes tanto en la superficie exterior como en los extremos a soldar.

4 . E . 3 . b - Almacenamiento.

Idénticas precauciones se tomarán en aquellos lugares donde llegen a ser almacenados, apoyandolos sobre superficies planas o blandas, alejados del tránsito vehicular o peatonal intenso.

Evitar el almacenaje de accesorios uno sobre otro, donde ellos estén en contacto directo, puesto que ademas de existir el riesgo potencial de ocasionarles daños, se podría realizar un acopio inestable.

En estos casos es aconsejable intercalar entre las sucesivas capas placas de material fenólico o cartón corrugado, en todos los casos éstas serán lo suficientemente rígidas como para conservar una superficie plana. La cantidad máxima de capas admitida sera la misma que se detalla para caños en la tabla 4.E.1..

Cuando sean almacenadas bridas se tendrá especial énfasis en evitar alteraciones del espejo de éstas. Donde se almacenen bridas solamente se apilarán verticalmente y enfrentando cara con cara, interponiendo entre ellas hojas de cartón corrugado.

Los accesorios pequeños que por su tamaño sean almacenados a granel dentro de cajas serán envueltos individualmente para evitar golpes y roces entre ellos.

4 . E . 4 - PRECAUCIONES A TENER PRESENTES PARA EL CORRECTO MANIPULEO Y ALMACENAJE DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN EL P.R.F.V..

Los comentarios que exponemos a continuación pretenden ser una guía resumida y general a tener en cuenta y de éste modo, proceder correctamente cuando se manejan y almacenan los productos que se utilizan normalmente, en los laminados de plástico reforzado con fibra de vidrio.

Nota 1 : *La información descripta en este capítulo es una recopilación extraída de los manuales y boletines técnicos de los productos involucrados, producidos por fabricantes de primer nivel. (DOW CHEMICAL, AKZ0 CHEMICAL, OWENS CORNING)*

4 . E . 4 . a - Resinas poliester y vinil-ester.

Seguridad.

1. Presentan baja toxicidad oral aguda. Si fuera accidentalmente ingerida es conveniente provocar el vómito y de inmediato llamar al médico.
2. Pueden irritar los ojos, se recomienda el uso de protectores oculares adecuados (monoglass o equivalente)
3. En el caso de que los ojos fueran contaminados, lavarlos con abundante agua corriente durante 15 minutos (mínimo). De inmediato concurrir al oftalmólogo.
4. En contacto prolongado con la piel puede provocar hinchazón, irritación y ampollas. De ocurrir ésto lavar el área afectada con abundante agua y jabón. Consultar al dermatólogo. Las resinas normalmente no son absorbidas por la piel en cantidades tóxicas. Utilizar guantes de látex, polietileno o polipropileno.
5. En el caso de presentarse problemas de inhalación del diluyente (monómero de estireno) recomendamos apartar a la persona del lugar y ponerla en contacto con aire fresco. De producirse un paro respiratorio, inmediatamente iniciar respiración artificial y llamar al médico.

Utilizar máscara facial con filtro para vapores orgánicos si la exposición es breve o el lugar está lo suficientemente ventilado, para las exposiciones prolongadas utilizar máscara de respiración autónoma (asistida con aire del exterior). En condiciones de exposición permanente puede producir irritación en los ojos y vías respiratorias.

Almacenamiento.

En general las resinas líquidas (estirenadas) son estables a temperatura ambiente (de 10 a 30 ºC) por un período de 6 meses. Recomendamos almacenarlas a 25ºC y mantenerlas al resguardo de la luz.

Están clasificadas como líquido inflamable por lo tanto deben ser manejadas apropiadamente a modo de prevenir ignición. En caso de incendio utilizar extintores de espuma, gas carbónico (CO_2), o polvo seco.

Descartar las resinas vencidas.

Derramamiento.

Las personas que intervengan deben estar debidamente equipados de modo de prevenir el contacto con los ojos y la piel.

Mantener distantes del lugar las fuentes de calor o fuego.

Las resinas pueden ser removidas con: cloruro de metileno, acetona o solventes aromáticos.

Descarte.

Las resinas pueden ser descartadas a través de quema en incinerador adecuado y habilitado o enterrados en terrenos apropiados y habilitados.

4 . E . 4 . b -Monómero de estireno.

Es éste el diluyente insaturado de las resinas, en cuanto a las normativas a tener en cuenta para lo que es, seguridad, almacenamiento, derramamiento y descarte recomendamos seguir las arriba descriptas para las resinas.

4 . E . 4 . c - Iniciador y acelerador de reaccion.

Los iniciadores de reacción (llamados comúnmente catalizadores) utilizados en la mayoría de los casos son : Peróxido de metil etil cetona (MEKP) o Peróxido de benzoílo (PBO), estos en combinación con los aceleradores, Octoato de Cobalto (cuando se utiliza MEKP) o Dimetil Anilina (cuando se utiliza PBO), llevan a cabo, reacción química mediante, el proceso de polimerización.

Seguridad.

Ver pts. 2, 3, 4, 5, correspondientes a resinas poliester. Es importante resaltar que en el caso de ser ingeridos cualquiera de los peróxidos NO inducir al vómito y llamar urgente al médico.

Almacenamiento.

Almacenar en lugar fresco (25ºC) y ventilado. Mantenerlos al resguardo de la luz. Respetando estos detalles la estabilidad puede llegar hasta 3 años. Están clasificados como líquidos inflamables por lo tanto deben ser manejados apropiadamente a modo de prevenir ignición. A los peróxidos hay que mantenerlos alejados de los aceleradores, materiales orgánicos y metales, dado que si llegara a tener contacto con estos, se produciría una serie de reacciones químicas muy violentas, con altas posibilidades de producir autoignición. Verificar el estado de los envases que los contienen.

En caso de incendio utilizar extintores de anhídrido carbónico, espuma o polvo seco.

Derramamiento.

Las personas que intervengan deben estar debidamente equipadas de modo de prevenir el contacto con los ojos y la piel.

Limpiar el lugar con abundante cantidad de agua.

Mantener alejadas las fuentes de calor o fuego.

4 . E . 4 . d - Fibras de vidrio.

Seguridad.

Es un producto de baja toxicidad pero muy irritante. Recomendamos evitar el contacto con la piel.

De producirse irritación, lavar la zona afectada con abundante agua y jabón. Consultar al dermatólogo.

Proteger los ojos.

Utilizar máscara facial aprobada para polvos.

Almacenamiento.

Es un producto estable. Mantenerlo en un rango de temperatura de -10ºC a 40ºC.

No es combustible.

5 - APENDICE.

5 . A - NORMAS SOPORTE.

5 . A . 1 - NORMAS UTILIZADAS PARA LA FABRICACIÓN.

ANSI B-16.5	- Pipe flanges and flanged fittings.
ASTM D 2583	- Barcol impressor.
ASTM 2563	- Standard practice for classifying visual defects in glass-reinforced plastic laminate parts.
ASTM 2996	- Standard specification for filament wound fiberglass pipe.
ASTM 3517	- Standard specification for fiberglass pressure pipe.
ASTM 3567	- Standard specification for determining dimensions of fiberglass pipe and fittings.
ASTM 3754	- Standard specification for fiberglass sewer and industrial pressure pipe.
DIN 16965 PART 4	- Wound glass fibre reinforced polyester resin pipes. type D pipes, dimensions.
DIN 16966 PART 6	- Glass fibre reinforced polyester resin pipe fittings and joint assemblies.
DIN 16964	- Caños plásticos reforzados con fibra de vidrio, bobinados, en base a resinas poliester no saturadas.
IRAM 13435	- Poliester insaturado con fibra de vidrio - Método de determinación del estireno libre.
ISO 7370	- Glass fibre reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes and fittings;nominal diameters,specified diameters and standard lenghts.
NBS PS 15/69	- Construcción de equipos de poliester reforzado resistente a los agentes químicos, fabricados por proceso de moldeo.
SPEC 15LR	- Specification for low presure fiberglas lina pipe.
UHDE 3030-06	- Piping of glass fibre reinforced plastics based on unsaturated polyester resins with lining, type B according to ansi.
UHDE 3030-14	- Piping of glass fibre reinforced plastics based on unsaturated polyester resins without lining, type B according to ansi.

5 . A . 2 - NORMAS UTILIZADAS PARA LOS TEST.

ASTM C 581-94	- Practice for determining chemical resistance of thermosetting resins used in glass-fiber-reinforced structures intended for liquid service.
ASTM D 638	- Test method for determining the longuitudinal tensile strength.
ASTM D 695	- Test method for determining the longuitudinal compresive strength.
ASTM D 696 88	- Test method for coefficient of linear thermal expansion of plastics.
ASTM 790	- Standard test method for flexural properties of reinforced plastics.
ASTM 1599	- Standard test method for short-time hydraulic failure presure of plastic pipe, tubing and fittings.
ASTM D 2105	- Test method for longuitudinal tensiles properties of reinforced thermosetting plastics pipe and tube.
ASTM 2412 93	- Test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel- plate loading. Determinación del factor de rigidez través del ensayo de carga entre platos paralelos.
ASTM D 2583	- Barcol impressor.
ASTM D 2924	- Test method for external pressure resistance of reinforced thermosetting resin pipe.
ASTM D 3681- 95	- Standard test method for chemical resistance of fiberglass pipe in deflected condition.

ASTM D 2290	- Test method for determining the hoop-tensile strength. O bien como : Test method for apparent tensile strength of ring or tubular plastics and reinforced plastic by split disk method.
ASTM D 2584	- Standard test method for ignition loss of cured reinforced resins.
ASTM D 4398 - 95	- Test method for determining the chemical resistance of fiberglass-reinforced thermosetting resins by one-side panel exposure.
IRAM 13316	**-** Ensayo de tracción.
IRAM 13484	**-** Tubos de P.R.F.V.. Bases de diseño hidrostático.- ensayo de presión a largo plazo.
IRAM 13436	**-** Tubos de plástico reforzado - Método de ensayo a la compresión axial
IRAM 13437	**-** Tubos de plástico reforzado - Método de ensayo a la tracción axial
IRAM 13438	- Tubos de plástico reforzado - Determinación de la resistencia a la tracción circunferencial.
IRAM 13439	- Tubos de plástico reforzado - Método de determinación de del coeficiente de rigidez.
IRAM 13484	**-** Tubos de P.R.F.V.. Bases de diseño hidrostático.- Ensayo de presión a largo plazo.
DVS 2203	- Ensayo de tracción para materiales plásticos adheridos.

5 . A . 3 - NORMAS UTILIZADAS PARA EL CATALOGO.

AFNOR NFT 57-900	- Réservoirs et appareils en matiéres plastiques renforcées - Code de contruction.
IRAM 13480	- Tubos poliester insaturado reforzado con fibra de vidrio -Directivas para su instalación.
ASTM D 2487	- Clasification of soils for engineering purposes.
ASTM D 2583	- Barcol impressor.
ASTM D 3839	- Standard practice for underground installation of fiberglass pipe.
DIN 16966	**-** Glass fibre reinforced polyester resin pipe fittings and joint - laminate joint - dimensions.
DIN 16966-part. 7	**-** Pipe joint and their elements of glass fibre reinforced polyester resin - Bushings, flanges, flanged and butt joint; general quality requirements and test method.
ASTM D 2925	- Test method for beam deflection of reinforced thermosetting plastic pipe under bore flow.
AWWA C 950-95	- Normas para tubos de resina termorrígida con fibra de vidrio, con presión.

5 . A . 3 . a - Otras fuentes.

Fiberglass x corrosao - A. Carvalho - Associaçção brasileira de plástico reforçado. - ISBN N°

Handbook of chemistry and physics. - ISBN N°

Mecanica de los fluidos - Frank M. White - Mc Graw Hill. - ISBN N°

Mecanica de los fluidos - Victor L. Street / E. Benjamin Wylie. - ISBN N°

Filament winding in composites manufacturing V - Advanced composites seminars. Notas.

Filament winding composite structure fabrication - S.T. Peters / W.D. Humpery / R.F. Foral. - ISBN N° 0-938994-55-7

Resin selection guide for corrosion resistant RTP applications - Ashland Chemical Company. - ISBN N°

Manual de ingeniería y resistencia química - Dow chemical company. - ISBN N°

Tecnología de los composites / plásticos reforzados reforzados - Michaeli / Wegener / Capella. ISBN N°84-87454-04-6

5 . B - SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS (S.I.).

Se reconoce como **"Sistema Internacional de Medidas" (S.I.)** al sistema que ha sido adoptado en todo el mundo para la normalización de pesas y medidas empleadas en la ciencia y la tecnología, basándose para su confección en el Sistema Métrico Decimal. A excepción de Inglaterra y Estados Unidos, lugares donde todavía falta su implementación y uso, es de carácter oficial y obligatorio en el resto de los países. Nuestro país ha adoptado este sistema creando para su aplicación el **SIMELA** (Sistema Métrico Legal Argentino).

5 . B . 1 . DEFINICIONES Y PREFIJOS DEL S.I.

El **S.I.** se sustenta en siete unidades básicas o fundamentales de las cuales derivan todas las necesarias para la aplicaciones científicas, tecnológicas, industriales y comerciales.

TABLA 5.B.1. Unidades básicas del S.I.

Magnitud a cuantificar	Unidad	
	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Temperatura	kelvin	K
Corriente eléctrica	ampere	A
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de sustancia	mol	mol

Las unidades derivadas se obtienen a partir de las unidades básicas mediante la aplicación de definiciones y leyes de la física.

TABLA 5.B.2. Unidades derivadas del sistema internacional.

Magnitud a cuantificar	Unidad	
	Nombre	Símbolo
Fuerza	newton	N ($kg.m/s^2$)
Trabajo, energía	joule	J (N.m)
Potencia, flujo de energía	watt	W (J/s)
Presión, esfuerzo	pascal	Pa (N/m^2)
Frecuencia	hertz	Hz (s^{-1})

Consideradas como cantidades derivadas adimensionales estas unidades son las que corresponden a las cantidades geométricas denominadas ángulos. Sus símbolos pueden omitirse en las expresiones en que intervengan.

TABLA 5.B.3. Unidades derivadas adimensionales.

Cantidad	Unidad	
	Nombre	Símbolo
Angulo (plano)	radian	rad
Angulo sólido	estereorradian	sr

Con el fin de evitar expresiones numéricas inadecuadas o inconvenientes el S.I. dispone de un conjunto de prefijos para la formación de múltiplos y submúltiplos a partir de las unidades basicas o derivadas. Los prefijos usualmente usados son tabulados en la tabla 6.B.4.

TABLA 5.B.4. Tabla de prefijos mas usuales

Múltiplos y submúltiplos	Prefijos	Símbolos
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T
1 000 000 000 = 10^{9}	giga	G
1 000 000 = 10^{6}	mega	M
1 000 = 10^{3}	kilo	k
100 = 10^{2}	hecto	h
10 = 10	deka	da
1 = 1	--	--
0.1 = 10^{-1}	deci	d
0.01 = 10^{-2}	centi	c
0.001 = 10^{-3}	mili	m
0.000 001 = 10^{-6}	micro	µ
0.000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
0.000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p
0.000 000 000 000 001 = 10^{-15}	femto	f
0.000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	atto	a

Otras unidades derivadas adicionales son detalladas en la tabla 6.A.5..

TABLA 5.B.5. Unidades derivadas adicionales.

Magnitud a cuantificar	Unidad
Superficie	m^2
Volumen	m^3
Velocidad lineal	m / s
Aceleración lineal	m / s^2
Aceleración angular	rad / s^2
Calor	J
Entropía	S (J / K)
Conductividad térmica	W / m.°K
Viscosidad cinemática	m^2 / s
Viscosidad dinámica	$N.s / m^2$
Tensión eléctrica (Volt)	V (W / A)
Resistencia (Ohm)	Ω (V / A)
Cantidad de electricidad (Coulomb)	C (A / s)

5 . B . 2 - EQUIVALENCIA DE UNIDADES.

Tiempo	
1 minuto	60 segundos
1 hora	3600 segundos
1 día	86400 segundos
1 año	$3,156 \times 10^7$ segundos

Longitud	
1 milla (U.S.A.)	1609 metros
1 yarda	0,941 metros
1 pié	0,348 metros
1 pulgada	25,4 milímetros
1 pié	12 pulgadas

.

Área	
1 $milla^2$	2.59 $kilometros^2$
1 acre	0,4047 hectárea
1 $yarda^2$	0,836 $metro^2$
1 $pié^2$	0,0929 $metro^2$
1 $pulgada^2$	6,4516 $centimetro^2$
1 $pié^2$	144 $pulgadas^2$

Volumen	
1 $yarda^3$	0,745 $metro^3$
1 $pié^3$	0,0283 $metro^3$
1 $pulgada^3$	16,387 $centimetro^3$
1 galón (U.S.)	3,785 litros
1 galón (británico)	4546 $centimetros^3$
1 barril (petroleo, U.S.)	42 galones (U.S.)

.

Angulares	
1 radian	57,3°(grado)
1° (grado)	0,017453 radianes
1' (minuto)	0,000291 radianes
1''(segundo)	0,00000485 radianes

Masa	
1 libra	453,59 gramos
1 onza	28,3495 gramos
1 slug	14,5939 kilogramos
1 quilate	0,2 gramos

Velocidad	
1kilometro / hora	0,279 metro / segundo
1 pié / segundo	0,3048 metro / segundo
1 milla / hora	1609,3 metro / hora
1 nudo	5,144 metro / segundo

Aceleración	
1 pié / segundo^2	0,3048 metro / segundo^2
1 pulgada / segundo^2	2.54 centímetro / segundo^2

.

Presión	
1kilopascal (KPa)	0,0102kilogramos / centímetro^2
1 bar	1,020 kilogramos / centímetro^2
1 psi	0,070 kilogramo / centímetro^2
1 atmósfera	1,033 kilogramos / centímetro^2
1 mm. Hg	kilogramo / centímetro^2
1 dina / centímetro^2	kilogramo / centímetro^2

.

Energía	
1 caloría	4,186 Joule
1 kilogramo . metro	9,807 Joule
1 libra . pié	1,356 Joule
1 BTU	1055 Joule
1 HP . hora	2,68 . 10^6 Joule
1kilowatt . hora	3,6 . 10^6 Joule

.

Temperatura	
de ° C a °K	273,1 + °C
de ° F a °C	(5/9) . (°F - 32)
de °C a °F	(9/5 .°C) + 32)

.

Viscosidad dinámica (μ)	
1 slug / pié . segundo	47,88 / metro . segundo
1 N segundo / metro^2	10 poise
1 Dina . seg / cm.	1 poise

Fuerza	
1 kilogramo fuerza	9,8069 Newton
1libra fuerza	4,4482 Newton
1 dina	1 x 10^{-5} Newton

Densidad	
1 gramo / centímetro^3	1000 kilogramos / metro^3
1 libra / pié^3	16,02 kilogramos / metro^3
1 libra / pulgada^3	27680 kilogramos / metro^3

Caudal	
1 litro / segundo	3,6 metro^3 / hora
1 pié^3 / segundo	101,93 metro^3 / hora
1 pie^3 / hora	0,0283 metro^3 / hora
1 galón / minuto (U.S.)	0,2271 metro^3 / hora
1 galón / minuto (brit.)	0,2728 metro^3 / hora
1 metro^3 / segundo	3600 metro^3 / hora

Potencia	
1 HP	745 watt
1 cal / segundo	4,186 watt
1 HP (métrico)	735,5 watt
1 joule / segundo	1 watt
1 BTU / hora	0,2931 watt
1 libra . pié / segundo	1,3558 watt

Relación calorimétrica	
1 °C	1,8 °F
1 °K	1,8 °R

Viscosidad cinemática (ν)	
1 cm^2 / segundo	1 stocke
1 pié^2 / hora	929,01 stocke

5 . C - FORMULAS Y DATOS DE UTILIDAD.

5 . C . 1 - CONSTANTES FUNDAMENTALES.

CONSTANTE	SIMBOLO	VALOR
Constante de Avogadro	*NA*	$6{,}0225 \times 10^{23}$ mol^{-1}
Constante de Boltzman	*k*	$1{,}3805 \times 10^{-23}$ J. K^{-1}
Constante de los gases	*R*	8,3143 J. K^{-1} . mol^{-1}
Volumen normal de gas ideal (en condiciones normales de temperatura y presión)	*Vo*	$2{,}2414 \times 10^{-2}$ m^3 . mol^{-1}
Constante de Faraday	*F*	$9{,}6487 \times 10^4$ C . mol^{-1}
Constante de Coulomb	*Ke*	$8{,}9874 \times 10^9$ N . m^2 . C^{-2}
Aceleración de la gravedad a nivel del mar, en el ecuador.	*G*	9,7805 m . seg^{-2}
Constantes numéricas	π	3,1416
	e	2,7183

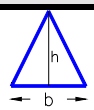
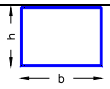
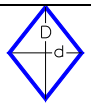
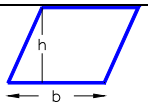
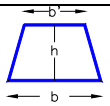
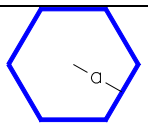
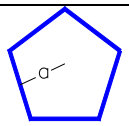
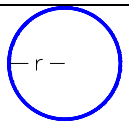
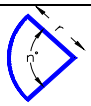
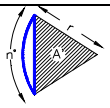
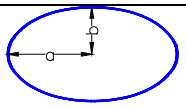
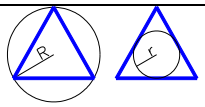
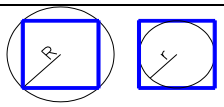
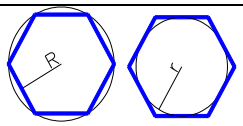
5 . C . 2 - VISCOSIDADES Y DENSIDADES RELATIVAS (de algunos fluidos, temperatura de referencia = 20 °C = 68 °F, presión de referencia = 1 atmósfera).

FLUIDO	VISCOSIDAD (μ, en centipoise)	DENSIDAD RELATIVA (g/cm^3)
amoníaco al 30% (sol. Aq.)	1,124	0,892
agua	1,65	0,998
cloruro de sodio al 10 % (sol. aq.)	1,35	1,071
cloruro de sodio al 20 % (sol. aq.)	1,42	1,148
cloruro de calcio al 10 % (sol. aq.)	1,21	1,083
cloruro de calcio al 20 % (sol. aq.)	1,75	1,177
mercurio	1,42	13,55
kerosene	1,43	0,82
gasolina	0,60	0,749
etilen glicol	19,9	1,115
alcohol etílico	1,20	0,815
alcohol butílico	3,38	0,810

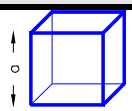
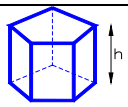
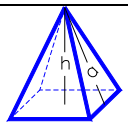
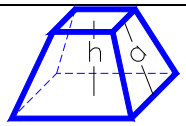
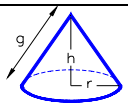
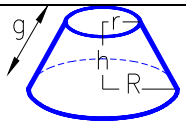
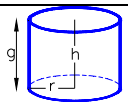
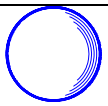
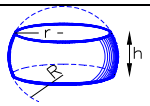
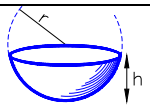
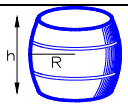
* densidad respecto del agua a 4°C -

5 . C . 3 - AREAS Y VOLUMENES.

5 . C . 3 . a - Figuras.

FIGURA	FORMATO	AREA
Triángulo		base . altura / 2
Rectángulo		base . altura
Rombo		diagonal . diagonal / 2
Romboide		base . altura
Trapecio		Σ bases . altura / 2
Hexágono		perímetro . apotema / 2
Polígono regular		perímetro . apotema / 2
Círculo		$\pi \cdot r^2$
Sector circular		$\pi \cdot r^2$. cantidad de grados / 360
Segmento circular		($\pi \cdot r^2$. cantidad de grados / 360) - A'
Elipse		$\pi \cdot a \cdot b$
Triángulo en función del radio		$3 \cdot R^2 \cdot 3^{1/2} / 4$ $3 \cdot r^2 \cdot 2^{1/2}$
Cuadrado en función del radio		$2 \cdot R^2$ $4 \cdot r^2$
Hexágono en función del radio		$3 \cdot R^2 \cdot 3^{1/2} / 2$ $2 \cdot r^2 \cdot 3^{1/2}$

5 . C . 3 . b - Cuerpos.

CUERPO	FORMATO	AREA	VOLUMEN
Cubo o hexaedro		$6 . a^2$	a^2
Prisma		área lateral + área base	área base . altura
Pirámide regular		(perímetro . a / 2) + área base	área base . altura / 3
Tronco de pirámide		(perímetro bases . a / 2) + área base	$[h (B + b + \{B. b\}^{1/2})] / 3$
Cono		Lateral : $(\pi . r . g)$ Total : $[\pi . r . (g + r)]$	$(\pi . r^2 . h) / 3$
Tronco de cono		Lateral : $[\pi . (R + r) . g]$ Total : $[\pi . R . (R + g) + \pi . r. (r + g)]$	$(\pi . h . (R^2 .+ r^2 + R . r) / 3$
Cilindro		Lateral : $(2 . \pi . r . g)$ Total : $[\pi . r. (r + g)]$	$\pi . r^2 . h$
Esfera		$4 . \pi . r^2$	$4 . \pi . r^3 / 3$
Zona esférica		$2 . \pi . R .h$	$[\pi . h . (h^2 + 3 . R^2 + 3 . r^2)] / 6)$
Casquete esférico		$2 . \pi . r . h$	$\pi . h^2 . (r - h / 3)$
Tonel		---	$\pi . h (2 . R^2 + r^2) / 3$

5 . D - AISLACION.

5 . D . 1 - TABLAS DE AISLANTES.

Con el fin de facilitar la selección de aislantes térmicos a continuación presentamos algunos de ellos con sus características, propiedades y caso de aplicación.

Tabla 5.D.1- Espesores recomendados de media caña de lana mineral. (ALTA TEMPERATURA INTERIOR).

Diámetro nominal de cañería (mm.)	**Temperatura de servicio** (°C).				
	100	200	300	400	500
	Espesor de aislación (mm.)				
½”	25	38	50	63	63
¾”	25	38	50	63	63
1”	25	38	50	63	63
1 ¼”	25	38	50	63	75
1 ½”	25	38	50	63	75
2”	25	38	50	63	75
2 ½”	25	38	50	63	90
3”	25	38	50	63	90
4”	25	38	63	75	90
5”	25	38	63	75	90
6”	25	38	63	75	90
8”	25	50	63	75	100
9”	25	50	63	75	100
10”	25	50	63	75	100
12”	25	50	63	75	100
14”	25	50	75	100	100

TABLA 5.D.2- Espesores recomendados para colchonetas de lana mineral (ALTA TEMPERATURA INTERIOR).

Temperatura (°C)	100	200	300	400	500	600	700
Densidad	**Espesor (mm.)**						
96/100 kg/m^3	25	50	75	100	---	---	---
192/200 kg/m^3	---	---	75	100	125	150	175

Tabla 5.D.3- Espesores de aislación de espuma rígida de poliuretano inyectada. Densidad 40kg/m^3, temperatura exterior 20°C (BAJA TEMPERATURA INTERIOR).

Diámetro nominal de cañería (mm.)	**Temperatura interna** (°C)										
	0°	**-20°**	**-40°**	**-60°**	**-80°**	**-100°**	**-120°**	-140°	-160°	-180°	-200°
	Espesor de aislación (mm.)										
25	30	30	30	60	70	80	80	80	90	90	100
40	30	30	50	60	70	80	80	90	100	100	110
50	30	30	50	60	70	80	80	90	100	100	110
80	30	40	50	60	70	80	90	100	110	110	120
100	30	40	60	60	80	90	90	100	110	110	120
150	30	40	60	70	80	90	100	110	120	120	130
200	30	40	60	70	80	100	100	110	130	130	140
250	30	40	60	70	90	100	110	120	130	130	140
300	30	40	60	70	90	100	110	120	130	140	150
400	30	40	60	80	90	120	110	130	140	140	150
500	30	40	60	80	90	120	120	130	150	150	150
600	30	40	60	80	100	120	120	130	150	150	160
700	30	40	70	80	100	120	120	130	150	150	160
800	30	40	70	80	100	120	120	130	150	160	160
900	30	40	70	80	100	120	130	140	150	160	160
1000	30	50	70	80	100	120	130	140	150	160	170
1200	30	50	70	80	100	120	130	140	150	160	170
> 1200 y superficies planas	30	50	70	90	100	120	130	150	160	170	180

TABLA 5.D.4- Espesores de poliuretano rígido expandido δ = 40 kg/m^3 (ALTA TEMPERATURA INTERIOR).

Diámetro nominal de cañería (mm.)	**Temperatura de servicio** (rangos en °C)					
	20 / 50	**51 / 100**	**101 / 250**	**251 / 300**	**301 / 350**	**351 / 400**
	Espesor (mm.)					
40	50	50	50	50	50	50
50	50	50	50	50	100	100
65 / 100	50	50	50	50	100	100
125	50	50	50	100	100	100
150	50	50	50	100	100	100
200	50	50	100	100	100	150
250	50	50	100	100	150	150
300	50	50	100	100	150	150
350	50	50	100	150	150	150
400	50	50	100	150	150	150
500	50	50	100	150	150	150
600 /800	50	100	100	150	150	150
900 / 1500	50	100	100	150	150	150
1500	100	100	150	150	150	150

TABLA 5.D.5- Espesores de medias cañas de poliuretano rígido expandido δ = 40 kg/m^3 (BAJA TEMPERATURA INTERIOR).

Diámetro nominal de cañería (mm.)	**Temperatura de servicio** (rangos en °C)								
	+15/+5	**+4/ 0**	**-1/-5**	**-6/-12**	**-13/-18**	**-19/-25**	**-26/-29**	**-30/-35**	**-36/-40**
	Espesor (mm.)								
15	30	30	40	40	40	40	50	50	50
20	30	30	40	40	40	50	50	50	70
25	30	30	40	40	40	50	50	50	70
40	30	40	40	40	40	50	70	70	80
50	30	40	40	40	40	50	70	70	80
65	30	40	40	40	50	70	70	80	80
80	30	40	40	40	50	70	70	80	80
100	30	40	40	50	50	70	70	80	80
150	30	40	50	50	70	70	70	80	80
200	40	40	50	50	70	70	80	80	90
250	40	40	50	50	70	70	80	80	90
300	40	40	50	50	70	80	80	90	90
400	40	40	50	50	70	80	80	90	90
450	40	40	50	70	70	80	90	90	100
500	40	40	50	70	70	80	90	90	100
600	40	40	50	70	70	80	90	90	100

5 . D . 2 - COBERTURA DE PROTECCIÓN.

La cobertura de protección de la aislación térmica se realizan normalmente de chapa de aluminio o acero galvanizado, para casos especiales de ambientes corrosivos se utiliza chapa de acero inoxidable, chapas recubiertas de plástico, laminados de P.R.F.V., o laminas termoplásticas.

Las chapas deberán ser debidamente preconformada, fijada según el caso, mediante tornillos roscalata ("parker") o remaches rápidos de aluminio ("pop"), cintas adhesivas o soldaduras.

A continuación detallamos los espesores recomendados de chapa de acero galvanizado y/o aluminio, en función de los perímetros.

Tabla 5.D.6- Espesor de chapa de acero galvanizado para protección de aislación.

Perímetro	**Espesor de la chapa**	
(mm.)	(Cal. B.G.)	(mm.)
hasta 400	27	0,43
de 400 a 800	24	0,61
de 800 a 1250	22	0,77
más de 1250	20	0,97

Tabla 5.D.6- Espesor de chapa de aluminio para protección de aislación.

Perímetro	**Espesor de la chapa**	
(mm.)	(Cal. B.G.)	(mm.)
hasta 400	24	0,61
de 400 a 1500	22	0,77
más de 1500	20	0,97

Recomendamos también una correcta selección de la barrera de vapor, puesto que es éste un tema de fundamental importancia, ya sea que se trate de instalaciones de alta temperatura o baja temperatura.

Nuestro Departamento de Ingeniería queda a vuestra entera disposición para mayor información.

6 - NOTAS.

La responsabilidad de AISTER s.r.l. respecto al contenido de este ejemplar se limita a sugerir e informar a los usuarios las características de sus productos, métodos de instalación y formas de manipuleo. No se persigue de ningún modo enseñar los conceptos físicos, métodos de diseño y cálculo aquí indicados.

AISTER s.r.l. se reserva el derecho al cambio parcial o total, sin previo aviso, de cualquier concepto de este catálogo - manual, como cualquiera de las características de los productos AISTER® aquí presentados.

Ante cualquier consulta sugerimos comunicarse con nuestro Departamento de Ingeniería.

Tel/fax : 091-561324

e-mail: aisterbb@rcc.com.ar