



6 Tubería KRAH® PE 200

KRAH® Piping Solutions incorpora al mercado chileno y latinoamericano un nuevo producto, el cual representa el último desarrollo a nivel mundial en compuestos de resinas de Polietileno de Alta Densidad, desarrollada por KRAH® A.G., Alemania, es un sistema de tuberías KPPS que significa "KRAH® Pressure Pipes Systems".

La aplicación de este sistema de tuberías corresponde fundamentalmente a líneas de conducción de fluidos en presión. En particular el material a considerar para la implementación del producto en nuestros mercados será el KRAH® PE 200.

6.1 Características

La tubería KRAH® PE 200 conserva las características del polietileno tradicional (PE 80 y PE 100) en el sentido que al igual que aquellos es un producto altamente resistente a la abrasión, liviano, atóxico (apto para conducir agua potable), resistente a una gran gama de productos químicos así como a aguas crudas o/y salobres, es posible de unir mediante termo y electro soldadura, de muy baja rugosidad hidráulica, flexible y con la posibilidad de usar una gran variedad de fitting fabricado en el mismo material o susceptible de empalmarse con otros materiales tanto plásticos como metálicos.

La materia prima con que se produce esta nueva generación de tuberías (ver propiedades del KRAH® PE 200) posibilita la fabricación de en un rango de presiones mucho más alto que lo que era posible hacer con el PE 100. En las tablas con el detalle de la tubería disponible se puede apreciar que es posible fabricar hasta tubos PN 30 (ver tabla de la tubería).

Por otro lado la tecnología de fabricación permite disponer de tubería con diámetros ostensiblemente mayores a los existentes en el mercado, sumando a esto el que los diámetros nominales corresponden a diámetros interiores. (Ver geometría de la tubería).

La materia prima, fabricación de la tubería, y los accesorios se encuentran respaldados por las siguientes normas internacionales:



ASTM F 2720:

Standard Specification for Glass Fiber Reinforced Polyethylene (PE –GF) Spiral Wound Large Diameter Pipe.

DIN 19674:

Plastics Piping Systems Made From Glass Fibre Reinforced Polyethylene (PE – GF) For Water Supply And For Drainage And Sewerage Under Pressure.

Como grandes ventajas respecto a las tuberías de PE existentes en el mercado se tiene:

- La tensión MRS del PE 200 es el doble del PE 100 y es un 250 % mayor que la del PE 80.
- El polietileno tradicional tiene problemas para alcanzar grandes presiones de trabajo y cuando estas son altas solo se puede hacer tubos en diámetros reducidos. En PE 200 se puede fabricar tubería hasta PN 30, y más para algunos casos.
- El diámetro por el cual se especifica corresponde al diámetro interior (DN/ID) por lo que posee una mayor sección útil desde el punto de vista hidráulico.
- Es posible fabricar tubería en un rango mucho más amplio que en el polietileno tradicional. Se dispone de diámetros entre 300 y 4.000 mm.

6.1.1 Propiedades Físicas del Material

Numerosos ensayos realizados a este tipo de tuberías han determinado las propiedades entregadas en la tabla 6.1-1 para el PE 200 y la tubería con ella fabricada.

Propiedad	Unidad	Valor	Norma
Densidad (compuesto)	g/ cm ³	1,06	ISO 1183 / ASTM D 792
Propiedades Mecánicas			
	Unidad	Valor	Norma
Modulo Elasticidad	N/ mm ²	2.300	ISO 527-4 / ASTM D 638
Modulo Elasticidad Flexual	N/ mm ²	2.566	ISO 178 / ASTM D 790
Tensión de Tracción Circunferencial Límite Elástico	N/ mm ²	66,8	ISO 6259 / ASTM D 638
Elongación Límite Elástico	%	7	ISO 6259
Propiedades Térmicas			
	Unidad	Valor	Norma
Tiempo de Inducción a la Oxidación (200 °C)	Min	> 20	ISO TR10837 / ASTM D 3895
Coefficiente de Dilatación Lineal	m°C/m	9 x 10 ⁻⁵	ASTM D 696

Tabla 6.1-1: Valores mínimos para propiedades en las Tuberías PE 200

En la siguiente figura se muestra la curva de regresión del PE 200 comparándola con la del PE 100:

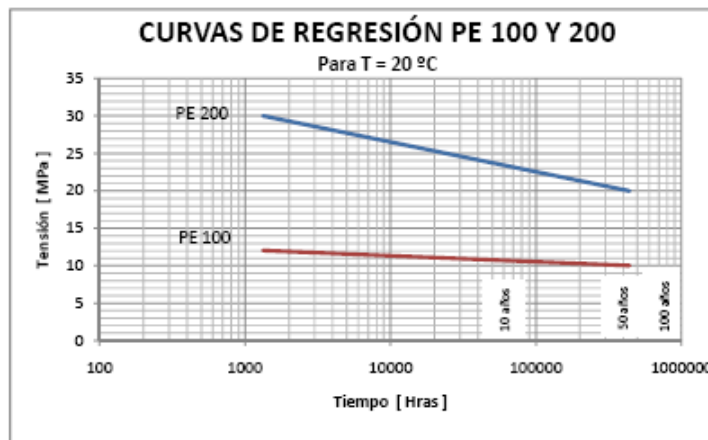


Figura 6.1-1: Tensión MRS de los Polietilenos KRAH® PE 100 y PE 200

El gráfico muestra que el PE 200, según la aplicación de la ISO 29561 posee una tensión MRS de 20 MPa para 50 años plazo. Esto según ensayos realizados bajo la norma ISO 9080 por los laboratorios Becetel.

6.1.2 Tuberías y accesorios

La tubería KRAH® PE 200® se fabrica bajo las normas antes señaladas y en las tablas se entrega el detalle de la misma.

El diseño de la tubería se basa en un servicio a 50 años y a 20°C. Bajo los criterios anteriores se señala que la materia prima para fabricar la tubería dispone de una tensión HDB (Hidrostático desing Basis, según ASTM F 2720) o bien de una tensión MRS (Minimum Required Strength, según DIN 19674).

Para cada una de las normas de fabricación antes descritas se tiene que los valores disponibles para el diseño son.

Tensión MRS = 20 MPa o Tensión HDB = 3.200 psi

Adicionalmente cada una de estas normas define factores de seguridad sobre las tensiones a usar en el cálculo del espesor de la tubería, así se tiene:

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

Figura 6.1-2: Tensión de diseño según ISO

$$\sigma_{HDS} = n \times HDB$$

Figura 6.1-3: Tensión de Diseño Según ASTM

Llegándose a que los espesores de la tubería (recordando que los diámetros nominales son interiores) se calculan con la expresión:

$$\sigma_s = Pn \frac{(D+e)}{2e}$$

En donde:

- Pn:** Presión Nominal de la tubería [Kg/ cm²]
- D:** Diámetro Nominal de la tubería, corresponde al diámetro interior [mm]
- E:** Espesor mínimo de la pared el tubo [mm]
- σ_s:** σ_{HDS} = Tensión de diseño del material [Kg/ cm²]

Los coeficientes de seguridad para calcular la tensión de diseño son los siguientes:

- DIN:** c = 1.6
- ASTM:** m = 0.5

6.2 Dimensiones

Dn / ID	Presión Nominal [bar]											
	30		25		20		16		10		6	
	SIDR											
	7		9		11,5		14,6		24		41	
[mm]	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso
	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]
300	41	53	34	43	27	33	21	25	13	15	8	9
400	55	94	45	75	35	57	28	44	17	27	10	16
500	69	146	56	116	44	89	35	69	21	41	13	24
600	82	210	67	167	53	128	41	99	25	59	15	34
700	96	286	78	227	61	174	48	134	30	80	18	47
800	110	373	89	296	70	227	55	175	34	104	20	61
900			100	375	79	287	62	222	38	132	23	77
1.000			112	464	87	354	69	274	42	163	25	94
1.200					105	510	83	394	50	234	30	136
1.400							96	536	59	318	35	184
1.600							110	700	67	415	40	241
1.800							124	886	75	525	45	305
2.000									84	648	50	376
2.200									92	785	55	455
2.400									100	933	60	541
2.600									109	1.095	64	635
2.800											69	736
3.000											74	845
3.200											79	962
3.400											84	1.086
3.600											89	1.218
3.800											94	1.356
4.000											99	1.502

Tabla 6.2-1: Dimensiones para tuberías PE 200, según DIN 19674.

Notas: Para determinar presiones nominales y espesores de las tuberías se ha considerado la norma DIN 19674. Los diámetros nominales de la tubería corresponden a diámetros interiores.

	Presión Nominal [bar]											
	30		25		20		16		10		6	
Dn / ID	SIDR											
	6		8		10		13		21		36	
[mm]	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso	emín	Peso
	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]	[mm]	[Kg / m]
300	48	63	39	50	30	38	24	29	15	17	9	10
400	63	111	52	88	40	66	32	51	19	30	12	18
500	79	172	64	136	50	103	40	80	24	47	14	27
600	95	247	77	195	60	148	47	114	29	67	17	39
700	111	337	90	266	70	202	55	155	34	92	20	53
800			103	347	80	264	63	203	38	120	23	69
900			116	439	90	334	71	256	43	151	26	87
1.000					100	412	79	316	48	186	28	108
1.200					120	593	94	455	57	268	34	155
1.400							110	620	67	365	40	211
1.600									76	476	45	275
1.800									86	603	51	348
2.000									95	744	56	429
2.200									105	900	62	520
2.400									114	1.070	68	618
2.600											73	725
2.800											79	841
3.000											84	965
3.200											90	1.098
3.400											96	1.240
3.600											101	1.390
3.800											107	1.548
4.000											112	1.715

Tabla 6.2-2: Dimensiones para tuberías PE 200, según ASTM F 2720.

Notas: Para determinar presiones nominales y espesores de las tuberías se ha considerado la norma ASTM F 2720 /08. Los diámetros nominales de la tubería corresponden a diámetros interiores..

6.3 Sistemas de Unión

Las tuberías KRAH® PE 200 se pueden unir mediante los tradicionales sistemas de soldadura en Polietileno, esto es:

• **Termosoldadura o Soldadura a tope:**

Se recomienda para todo el rango de diámetros donde están disponibles los equipos de Termosoldadura. Esto es en general con un límite superior de tubería en un diámetro de 2 m.



• **Electrosoldadura:**

La tubería KRAH® PE 200 se puede fabricar con un sistema de Espiga-Campana con Electrofundición incorporada y es este sistema el que se recomienda utilizar cuando los diámetros de la tubería exceden los admisibles para las máquinas de Termofusión disponibles.

Una restricción a considerar en este sistema de soldadura es que en general está disponible para tuberías PN 10 o inferior. Para clases superiores se deberá consultar con la fábrica.

Mayor información sobre los sistemas de soldaduras se entrega en los siguientes puntos.



6.3.1 Soldadura a Tope

La soldadura a Tope de la tubería PE 200, debe en general, seguir los mismos procedimientos para soldar aplicados al PE 100, esto es:

- Equipo termosoldador en perfectas condiciones de uso.
- Solo personal calificado puede operar los equipos y hacer las soldaduras.
- Los equipos y el personal deberán ser calificados en obra realizando soldaduras de prueba.
- Los equipos que entregan la energía (generador) deben estar en perfectas condiciones de uso.
- Las condiciones de trabajo deben ser tales que garanticen que la zona de la soldadura se mantenga seca, con temperatura estable, libre de corrientes de aire, libre de tensiones diferentes a las que aplique la misma máquina de soldar.



Foto 6.3-1: Soldadura a Tope.

6.3.2 Electrosoldadura

Comprende a la unión de la tubería KRAH® PE 200, dotada de extremos Espiga-Campana, con la Campana conteniendo un sistema de electrofusión incorporado.



Foto 6.3-2: Electrofusión Integrada

El proceso de electrosoldadura sigue el siguiente procedimiento:

- Verificar el buen estado de la resistencia incorporada en la Campana, ante eventuales daños producidos en el transporte o acopio en obra. (inspección visual).
- Verificar continuidad del sistema de resistencia instalado en la Campana. (inspección visual y con tester eléctrico).



- Proceder al montaje del extremo Espiga del tubo en la Campana del otro tubo, esto cuidando de hacer la penetración completa (hasta las marcas que previamente se han efectuado en la espiga)
- Conexionar el equipo de electrofusión a los bornes de la tubería.
- El equipo electrosoldador a ocupar deberá ser el adecuado en función de la potencia que deberá desarrollar al efectuar la unión.
- El operador deberá ser calificado y con experiencia en el tipo de unión a efectuar, tanto en los diámetros involucrados como en el tipo de equipo a operar. Para lo anterior KRAH® PIPING SOLUTIONS cuenta con la capacidad de calificar y certificar operadores.

6.4 Fitting

Los accesorios posibles de utilizar con la tubería PE 200 son semejantes a los que podemos tener en la tubería PE 100. Esto es, piezas tales como Stub End, Curvas Mitradas o Segmentadas, Tees, Flanges de respaldo en Acero, etc. →



Foto 6.4-1: Fitting KRAH®

Las dimensiones generales de las piezas segmentadas son similares a los que tienen las piezas en PE 100 considerando sí que se tiene que tener en cuenta en derrateo al momento de fabricar las piezas especiales con tubería.

6.4.1 Fabricación de Curvas Mitradas

$$Pn_{\text{curva}} = f_{\beta} \cdot Pn_{\text{tubo}}$$

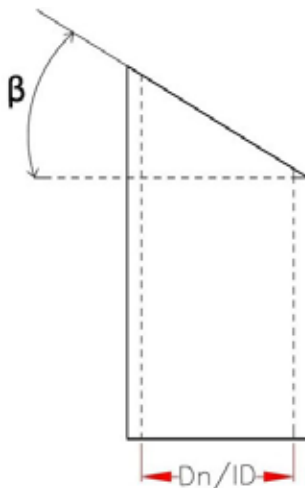
Donde:

f_{β} : Factor de derrateo para el diseño de una curva segmentada

Pn_{curva} : Presión Nominal de la Curva

Pn_{tubo} : Presión Nominal de la tubería utilizada para fabricar la Curva

Se debe considerar lo señalado en la siguiente figura:



F_{β}	β
1,0	$\leq 7,5^{\circ}$
0,8	$7,5 < \beta \leq 15^{\circ}$
β NO DEBE SER NUNCA MAYOR A 15°	

6.4.2 Fabricación de Tees Segmentadas:

$$Pn_{tee} = f_t \cdot Pn_{tubo}$$

Donde:

f_t : factor de derrateo para el diseño de una tee segmentada. Se recomienda $f_t = 0,8$

Pn_{tee} : Presión Nominal de la Tee.

Pn_{tubo} : Presión Nominal de la tubería para fabricar la Tee.

6.4.3 Codo 90°

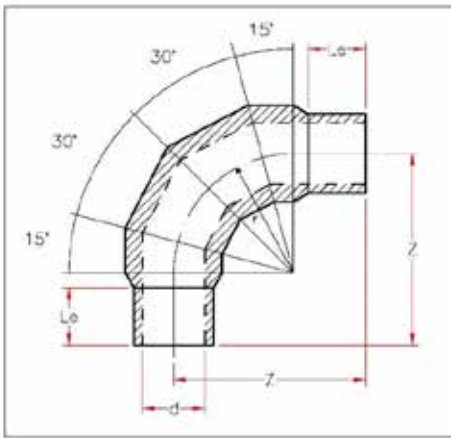


Figura 6.4-2: Codo 90° (±2°)

6.4.4 Codo 60°

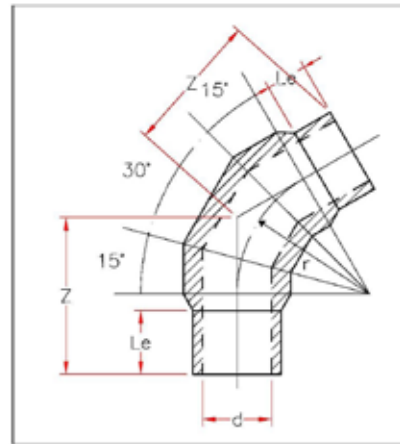


Figura 6.4-3: Codo 60° (±2°)

6.4.5 Codo 45°

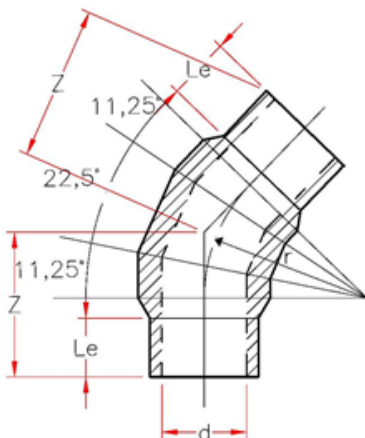


Figura 6.4-4: Codo 45° (±2°)

6.4.6 Codo 30°

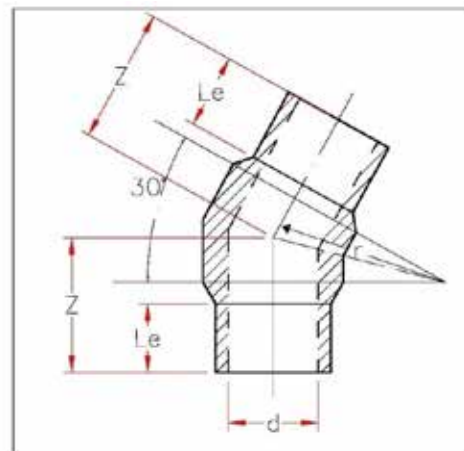


Figura 6.4-5: Codo 30° (±2°)

6.4.7 Tee 90°

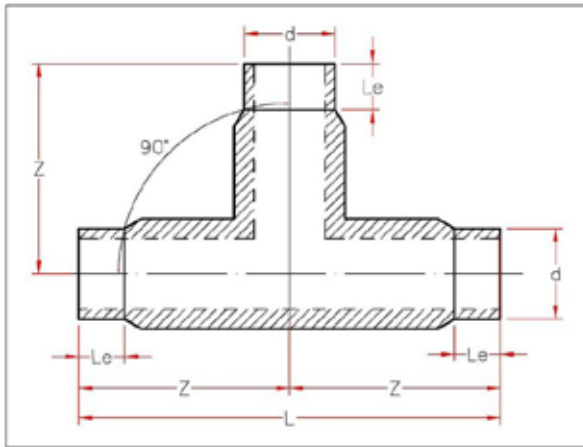


Figura 6.4-6: Tee 90° ($\pm 2^\circ$)

6.4.8 Tee 45° o 60°

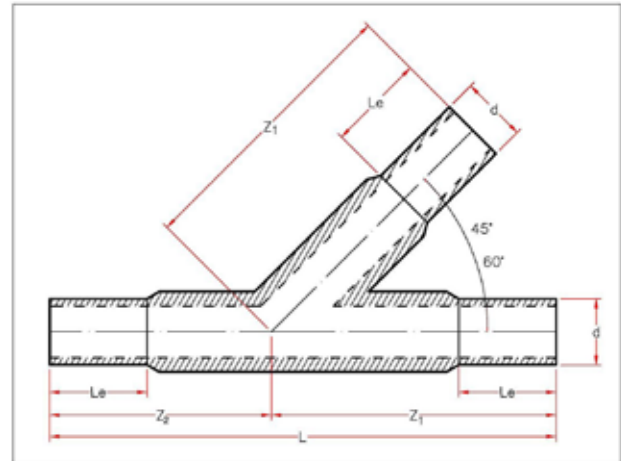


Figura 6.4-7: Tee 45° ($\pm 2^\circ$) o 60° ($\pm 2^\circ$)

6.5 Suministro

La tubería KRAH® PE 200 se suministra normalmente en tiras de largo útil de 6 m con extremos aptos para Termosoldar o Espiga/Campana. Otras formas de entrega son posibles y deben ser consultadas con la fábrica.



Foto 6.5-1: Suministro Tuberías KRAH® PE 200

6.5.1 Transporte y acopio

El transporte de las tuberías, uniones y piezas especiales deberá hacerse siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Las tuberías deben estar uniformemente apoyadas en todas sus longitudes durante el transporte, y no debe sobresalir en más de 1 m de la carrocería que las transporta.
- La superficie del transporte debe estar libre de elementos con filo o punzantes.

→



Foto 6.5-2: Acopio Tuberías KRAH® PE 200

Para la descarga de los tubos en las obras, se deberá disponer de elementos manuales o equipos mecanizados, adecuados al sistema de transporte utilizados, al peso de los tubos y a lo menos, se debe considerar lo siguiente:

- g) La descarga desde un camión se debe hacer en forma cuidadosa, para no dañar la superficie, ni los extremos de la tubería.

→

- Los tubos y accesorios no deben estar en contacto con salientes cortantes que puedan dañarlos, por ende se recomienda topes de madera para estibar la carga.

- Los tubos y accesorios de HDPE, deben ser amarrados solo con bandas o cuerdas textiles o de nylon.

- Al usar distanciadores de madera, estos no deben separar más de 2 m entre sí.

- La altura máxima de apilamiento es de 2 m.

- h) Para la descarga, se deben usar sogas textiles. En ningún caso, cables de acero o cadenas, que pueden rayar la tubería.

- i) Las tuberías no deben ser lanzadas al piso. Lo anterior porque sobre éste podrían haber elementos punzantes.

- j) El acopio debe efectuarse colocando las tuberías sobre una superficie plana, sin estar en contacto con cargas punzantes.

k) Para asegurar que no se desplacen lateralmente, se usarán distanciadores de madera, solo entre el piso y la primera capa de acopio.

l) La altura máxima de apilamiento será de 2 metros.

En función del diámetro de la tubería, la altura máxima de apilamiento es:



ϕ	Tubos en Altura
300	6
400	5
500-600	4
700-900	3
1000-1600	2
≥ 1800	1

Tabla 6.5-3: Altura máxima de apilamiento

La tabla anterior considera tuberías PN 10 si estas son de clase inferior y por lo tanto de menor espesor, se deberá asegurar que los tubos puestos en la capa inferior no se ovalen excesivamente y en este caso se recomienda no apilar más de 1,50 m de altura.

6.6 Instalación

En general para la instalación de la tubería KRAH® PE 200 se conservan los criterios y procedimientos utilizados en la tubería HDPE PE 100 así como también lo señalado en DIN 19630 o bien considerar que para la tubería KRAH® PE 200, como todas las tuberías de HDPE, se requiere contemplar en su instalación aspectos tales como:

- Para la instalación en zanja se deberá tener presente verificar estructuralmente la tubería.
- Controlar la acción térmica sobre la tubería para evitar grandes dilataciones de la misma, que para el PE 200 se considera $\alpha_{PE\ 200} = 0,00009\ m^{\circ}\ C/m$
- Para la instalación considerar lo señalado en el Anexo 3 de este documento "Recomendación de Instalación para la Tubería HDPE KRAH®".

En las fotos siguientes se muestran algunos detalles de instalación con tubería KRAH® PE 200®.



Foto 6.6-1: Instalación de Tubería KRAH® PE 200; Alimentadora A.P. Brie



Foto 6.6-2: Instalación de tubería KRAH® PE 200;
Aducción Agua Potable



Foto 6.6-3: Instalación de tubería KRAH® PE 200;
Sifón Agua de Riego.



Foto 6.6-4: Instalación de tubería KRAH® PE 200 en Mina Ministro Hales; Impulsión Agua Subterránea