

TUBRICA

PVC CPVC PEAD PPR



Manual Técnico

***Sistema Acueducto
Unión Rieber***

Calidad Certificada

En TUBRICA producimos Sistemas de Tuberías y Conexiones con la más alta tecnología, garantizando la calidad de nuestros procesos de fabricación bajo el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001: VIGENTE.

Al adoptar las normas de calidad internacional y nacional, generamos mayor confianza en la capacidad de nuestros procesos de producción y por tanto en la calidad de los productos que fabricamos. Trabajamos para lograr la satisfacción de nuestros clientes y consumidores, por eso, cuando usted elige los Sistemas TUBRICA adquiere tecnología, seguridad y calidad internacional certificada.

Barquisimeto-Venezuela

Octubre 2023



Consulta nuestras
certificaciones en
www.tubrica.com

Índice

Manual Técnico

Sistema Acueducto

4 - 5

- *Tubería para Acueducto*
- *Conexiones para Acueducto*

Parámetros de Diseño

6 - 14

- *Dimensiones*
- *Ventajas*
- *Consideraciones para el diseño*
- *Tablas*
- *Golpe de ariete*

Instalación

15 - 18

- *Preparación*
- *Tipos de apoyo*
- *Instalación de la tubería*
- *Anclajes*
- *Toma domiciliaria*
- *Prueba de estanqueidad*
- *Almacenamiento y manejo*
- *Transporte*

Sistema de Acueducto

Unión Rieber Tubrica ®

El Sistema Acueducto Unión Rieber TUBRICA ha sido diseñado para satisfacer ampliamente todas las necesidades que se pueden presentar a la hora de proyectar e instalar una red o sistema de distribución de aguas blancas. Cumple estrictamente con las normas COVENIN 518-1, lo que nos permite contar con productos absolutamente confiables.

La diversidad de conexiones, fácil instalación, peso reducido y economía hacen de este sistema el preferido por los proyectistas y constructores.

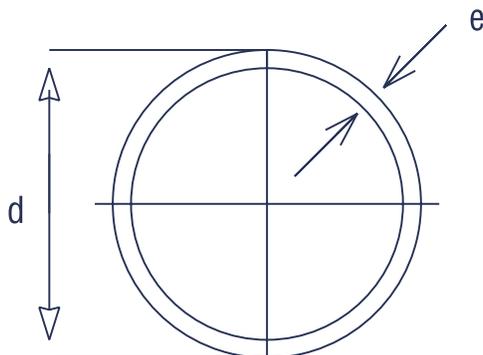
Para sistemas de Acueducto en PVC, Tubrica ofrece las siguientes tuberías:

Clase AB												
Diámetro Comercial		Diámetro Externo medio (d)		Espesor de pared mínimo (e)		Diámetro Interno mínimo		RDE	Ovalidad Máx (mm)	Código	Longitud mínima de la campana (mm)	Longitud mínima efectiva de la tubería (m)
(mm)	"	(mm)	"	(mm)	"	(mm)	"					
50	2	50,00	1,97	2,40	0,09	45,20	1,78	21	0,60	1010000072	100,00	5,90
75	3	75,00	2,95	3,60	0,14	67,80	2,67	21	0,90	1010000073	110,00	5,89
110	4	110,00	4,33	5,30	0,21	99,40	3,91	21	1,40	1010000074	120,00	5,88
160	6	160,00	6,30	7,70	0,30	144,60	5,69	21	2,00	1010000075	140,00	5,86
200	8	200,00	7,87	9,60	0,38	180,80	7,12	21	2,40	1010000076	150,00	5,85
250	10	250,00	9,84	11,90	0,47	226,20	8,91	21	3,00	1010000077	170,00	5,83
315	12	315,00	12,40	15,00	0,59	285,00	11,22	21	3,80	1010000078	190,00	5,81
400	16	400,00	15,75	19,10	0,75	361,80	14,24	21	4,80	1010000079	220,00	5,78
500	20	500,00	19,69	23,90	0,94	452,20	17,80	26	6,00	1010000080	270,00	5,73

Presión de Servicio 142 PSI (10 Kg/cm²)

Clase AC												
Diámetro Comercial		Diámetro Externo medio (d)		Espesor de pared mínimo (e)		Diámetro Interno mínimo		RDE	Ovalidad Máx (mm)	Código	Longitud mínima de la campana (mm)	Longitud mínima efectiva de la tubería (m)
(mm)	"	(mm)	"	(mm)	"	(mm)	"					
50	2	50,00	1,97	3,70	0,15	42,60	1,68	14	0,60	1010000085	100,00	5,90
75	3	75,00	2,95	5,60	0,22	63,80	2,51	14	0,90	1010000086	110,00	5,89
110	4	110,00	4,33	8,10	0,32	93,80	3,69	14	1,40	1010000087	120,00	5,88
160	6	160,00	6,30	11,80	0,46	136,40	5,37	14	2,00	1010000088	140,00	5,86

Presión de Servicio 227 PSI (16 Kg/cm²)



Conexiones Acueducto

Curva 11.25°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000500	50	1
	1010000501	75	1
	1010000502	110	1
	1010000503	160	1
	1010000504	200	1
	1010000505	250	1
	1010000506	315	1
	1010000507	400	1

JRxE

Curva 22.50°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000516	50	1
	1010000517	75	1
	1010000518	110	1
	1010000519	160	1
	1010000520	200	1
	1010000521	250	1
	1010000522	315	1
	1010000523	400	1

JRxE

Curva 22.50°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000524	50	1
	1010000525	75	1
	1010000526	110	1
	1010000527	160	1
	1010000528	200	1
	1010000529	250	1
	1010000530	315	1
	1010000531	400	1

JRxJR

Manchón Unión	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000532	50	1
	1010000533	75	1
	1010000534	110	1
	1010000535	160	1
	1010000536	200	1
	1010000537	250	1
	1010000538	315	1
	1010000539	400	1

JRxJR

Codo 90°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000478	50	1
	1010000479	75	1
	1010000480	110	1
	1010000481	160	1
	1010000482	200	1
	1010000483	250	1
	1010000484	315	1

JRxJR

Tapón Bridado	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000554	50	1
	1010000555	75	1
	1010000556	110	1
	1010000557	160	1
	1010000558	200	1
	1010000559	250	1
	1010000560	315	1

JRxBR

Curva 11.25°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000508	50	1
	1010000509	75	1
	1010000510	110	1
	1010000511	160	1
	1010000512	200	1
	1010000513	250	1
	1010000514	315	1
	1010000515	400	1

JRxJR

Codo 45°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000454	50	1
	1010000455	75	1
	1010000456	110	1
	1010000457	160	1
	1010000458	200	1
	1010000459	250	1
	1010000460	315	1

JRxE

Codo 45°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000470	50	1
	1010000471	75	1
	1010000472	110	1
	1010000473	160	1
	1010000474	200	1
	1010000475	250	1
	1010000476	315	1

JRxJR

Codo 90°	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000462	50	1
	1010000463	75	1
	1010000464	110	1
	1010000465	160	1
	1010000466	200	1
	1010000467	250	1
	1010000468	315	1

JRxE

Tapón	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000448	50	1
	1010000449	75	1
	1010000450	110	1
	1010000451	160	1

E

Tapá	Código	Diámetro	Emp. Min
	1000000284	50	1
	1000000285	75	1
	1000000286	110	1

E

Tapón Bridado	Código	Diámetro	Emp. Min
	1010000561	50	1
	1010000562	75	1
	1010000563	110	1
	1010000564	160	1
	1010000565	200	1
	1010000566	250	1
	1010000567	315	1

EXBR

Tee Reducida	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000494	75 x 50	1
	1010000495	110 x 75	1
	1010000496	160 x 110	1
	1010000497	200 x 160	1
	1010000498	250 x 200	1
	1010000499	315 x 250	1

JRxJRxJR

Brida	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1000000511	50	1
	1000000512	75	1
	1000000513	110	1
	1000000514	160	1
	1000000515	200	1
	1000000516	250	1
	1000000517	315	1

Reducción	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000540	75 x 50	1
	1010000938	90 X 75	1
	1010000541	110 x 75	1

CxE

Reducción	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000548	75 x 50	1
	1010000549	110 x 75	1
	1010000550	160 x 110	1
	1010000551	200 x 160	1
	1010000552	250 x 200	1
	1010000553	315 x 250	1

JRxE

Reducción	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000542	75 x 50	1
	1010000543	110 x 75	1
	1010000544	160 x 110	1
	1010000545	200 x 160	1
	1010000546	250 x 200	1
	1010000547	315 x 250	1

ExJR

Adaptador PVC - H.F.	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1000000498	75 mm x 3"	1
	1000000499	110 mm x 4"	1
	1000000500	160 mm x 6"	1
	1000000501	200 mm x 8"	1
	1000000502	250 mm x 10"	1
	1000000503	315 mm x 12"	1

Manchón de Reparación	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1000000309	75	1
	1000000310	160	1
	1000000311	200	1
	1000000312	315	1

JAxJA

Tee	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000486	50	1
	1010000487	75	1
	1010000488	110	1
	1010000489	160	1
	1010000490	200	1
	1010000491	250	1
	1010000492	315	1
	1010000493	400	1

JRxJRxJR

Brida Ciega	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1000000520	50	1
	1000000521	75	1
	1000000522	110	1
	1000000523	160	1
	1000000524	200	1
	1000000525	250	1
	1000000526	315	1

Pieza Extremidad	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000575	50	1
	1010000576	75	1
	1010000577	110	1
	1010000578	160	1
	1010000579	200	1
	1010000580	250	1
	1010000581	315	1

ExBR

Pieza Extremidad	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000583	50	1
	1010000584	75	1
	1010000585	110	1
	1010000586	160	1
	1010000587	200	1
	1010000588	250	1
	1010000589	315	1

BRxJR

Pieza Extremidad	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1010000570	50	1
	1010000571	75	1
	1010000572	110	1

BRxC

Adaptador PVC - H.G.	Código	Diámetro	Emp. Mín
	1000000504	50 mm x 2"	1
	1000000506	75 mm x 2 1/2"	1
	1000000507	75 mm x 3"	1
	1000000508	110 mm x 4"	1
	1000000509	160 mm x 6"	1
	1000000510	200 mm x 8"	1

Requisitos mínimos de los anillos elastoméricos

Propiedad	Valor	Método de Ensayo
Resistencia Tensil, min. Mpa (psi)	13,80 (2000)	COVENIN 1067
Elongación, min. %	400	COVENIN 1067
Dureza Shore A	40-60	COVENIN 1066
Deformación permanente, max. %	25	COVENIN 746

Las especificaciones siguientes son un resumen de la Norma COVENIN 518 – 1

Dimensiones Tuberías Acueducto

Nominal	Diámetro (mm)		Ovalidad Máxima para ambas clases (mm)	Espesor de pared mínimo (mm)			
	Medio			Clase AB		Clase AC	
	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
50	49,80	50,20	0,60	2,40	2,90	3,70	4,30
75	74,70	75,30	0,90	3,60	4,20	5,60	6,40
110	109,60	110,40	1,40	5,30	6,10	8,10	9,20
160	159,50	160,50	2,00	7,70	8,70	11,80	13,20
200	199,40	200,60	2,40	9,60	10,80	---	---
250	249,20	250,80	3,00	11,90	13,30	---	---
315	314,00	316,00	3,80	15,00	16,70	---	---
400	399,00	401,00	4,80	19,10	21,00	---	---
500	500,00	501,00	6,00	19,10	21,40	---	---

Las tuberías llevarán marcados en forma continua e indeleble el nombre del fabricante, la sigla PVC – U, el tipo de tubería, el diámetro, espesor de pared, RDE, presión de servicio, norma utilizada en la fabricación, número de lote, país, dirección electrónica, registro de información fiscal y código de barra cuando aplique.

TUBRICA PVC-U ACUEDUCTO CLASE AB DIAM. 50 mm ESPESOR MIN 2,40 mm RDE 21 PRESION 150 PSI COVENIN 518-1 LOTE: _____ (HORA) HECHO EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA www.tubrica.com RIF: J-08516082-5

Ventajas de las Tuberías Acueducto

UNIÓN RIEBER

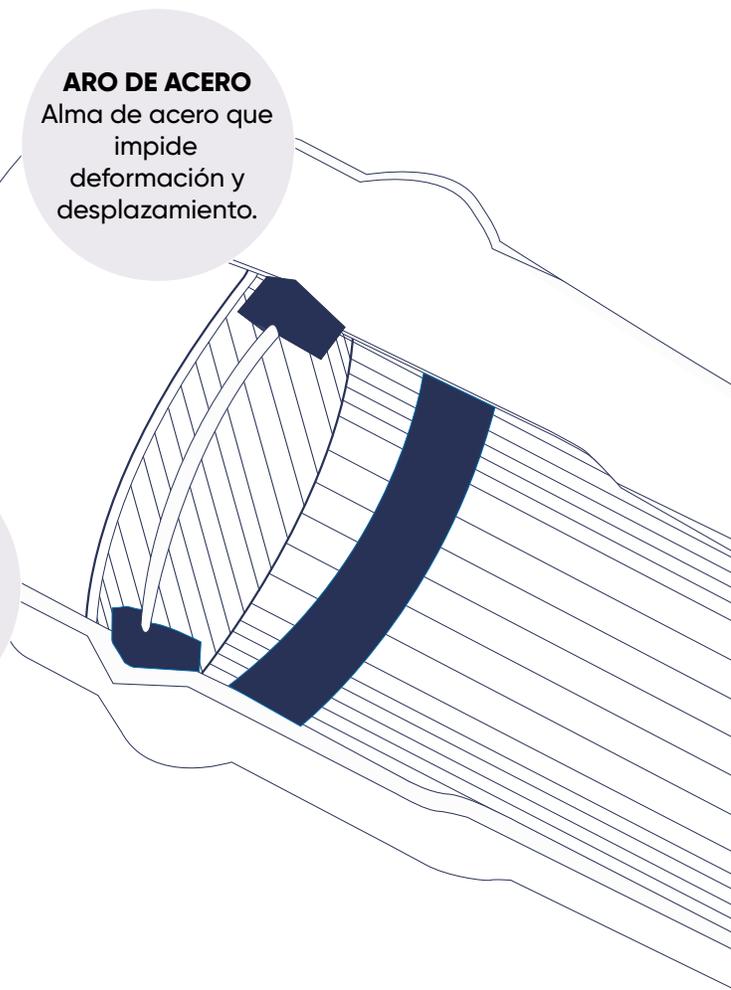
La Unión Rieber Tubrica® es un sistema innovador y único en Venezuela, catalogado como el más confiable del mundo. Consiste en un anillo de SB11 (Stireno Butadieno Rubber), que tiene en su interior un aro de acero que lo hace rígido. Es instalado en la línea de producción de la tubería en forma automática y su rigidez hace imposible colocarlo o extraerlo posteriormente, conformando una UNIÓN INTEGRADA al tubo.

Sus principales ventajas son:

- Garantiza la Hermeticidad.
- Reduce el tiempo en la instalación en 30%.
- Elimina el deslizamiento de los anillos en el proceso de instalación y por consiguiente la Posibilidad de Fuga.
- Menor fuerza de inserción.
- Mayor vida útil
- Menor costo total de la tubería instalada.
- La Junta Rieber no tiene costo adicional.

ARO DE ACERO
Alma de acero que impide deformación y desplazamiento.

ANILLO SBR
Alma de acero que impide deformación y desplazamiento.



ECONOMÍA

Los tubos y conexiones de Acueducto de TUBRICA son más económicos que los tubos y conexiones de materiales convencionales. El costo de la mano de obra para la instalación es considerablemente menor ya que por ser tan livianas no se necesita de maquinaria pesada para su manejo ni de equipos especiales para su acople. El rendimiento de la mano de obra es mucho mayor, debido a la facilidad de la instalación de su junta.

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Nuestras tuberías no se corroen evitando malos olores, sabores desagradables y coloraciones no deseadas en el agua potable.

PAREDES LISAS

Usando el sistema de Acueducto de TUBRICA, se reducen considerablemente las pérdidas de carga por fricción, facilitando el flujo de agua. Otra ventaja de poseer paredes internas lisas es que éstas impiden la formación de incrustaciones internas que reducen y obstruyen el diámetro interno de los tubos y conexiones, dándole una vida útil más larga y eficiente a los sistemas de distribución de agua potable. Los sistemas de acueductos TUBRICA, por estar elaborados en PVC, poseen un menor coeficiente de rugosidad, lo que se traduce en menores pérdidas por fricción a lo largo de la red. Si se compararan con los sistemas de hierro fundido dúctil, nuestros sistemas introducen aproximadamente un 50% menos de pérdida, lo que se traduce en un menor esfuerzo de bombeo, es decir, un 50% menos de potencia, permitiendo así un ahorro considerable de energía.

Atoxicidad

Los tubosistemas de Acueducto TUBRICA son fabricados de PVC (Policloruro de Vinilo) y están diseñados para transportar agua apta para el consumo humano a presión. Las materias primas y demás compuestos utilizados en el proceso no representan riesgo alguno para la salud.

Durabilidad

Nuestros tubosistemas de Acueducto alcanzan una vida útil de 50 años, siempre y cuando el uso e instalación estén acordes con las recomendaciones señaladas en el presente manual. Esta información no es garantía de producto ya que TUBRICA no ejerce control sobre todas las situaciones que pueden presentarse durante el acarreo y la instalación; las cuales influyen en la vida útil de los tubosistemas.

Ventajas de las Tuberías Acueducto

Resistencia química del PVC

Sustancia	20 ° C	60 ° C	Sustancia	20 ° C	60 ° C	Sustancia	20 ° C	60 ° C
Aceites y grasas alimenticias	E	E	Ácido nítrico 80%	E	L	Asfaltos	E	E
Aceites lubricantes y minerales	E	E	Ácido nítrico 90% - 100%	E	N	Azúcar, soluciones	E	E
Aceites de maquinas	E	E	Ácido nítrico anhidro	N	N	Benceno	N	N
Acetaldehído	N	N	Ácido nítrico fumante	N	N	Bencina (petrol)	E	E
Acetato de etilo	N	N	Ácido nitroso 10%	E	E	Benzol	N	N
Acetato de butilo	N	N	Ácido oleico	E	E	Benzaldehído	N	N
Acetato de plomo	E	E	Ácido oxálico	E	E	Benzoato de sodio o potasio	E	B
Acetato de vinilo	N	N	Ácido palmítico 10%	E	E	Bicarbonato de sodio o potasio	E	E
Acetato de sodio	E	E	Ácido palmítico 70%	E	N	Bicromato de potasio	E	E
Acetileno	L	L	Ácido perclórico 10%	E	L	Bisulfato de sodio	E	E
Acetona	N	N	Ácido perclórico 15%	E	N	Bisulfito de sodio o potasio	E	E
Ácido acético 20%	E	E	Ácido perclórico 70%	E	N	Boronato de sodio o potasio	E	E
Ácido acético 20% - 80%	E	B	Ácido silícico	E	E	Bromuro de sodio o potasio	E	E
Ácido acético glacial	B	N	Ácido sulfúrico hasta 90%	E	E	Salmuera	E	E
Ácido adípico	E	E	Ácido sulfúrico hasta 95%	E	B	Bórax	E	E
Ácido arsénico 80%	E	B	Ácido sulfuroso	B	N	Butadieno	E	E
Acido benzoico	E	E	Ácido tartárico	E	E	Butano	E	E
Ácido bórico	E	E	Ácido sulfo-nítrico	E	E	Butano diol	E	E
Ácido bromhídrico	E	B	Ácido muriático	E	E	Butanol	E	N
Ácido brómico	E	E	Acrilato de etilo	N	N	Butil acetato	N	N
Ácido butírico 20%	B	N	Productos alimenticios	E	E	Butil fenol	E	N
Ácido butírico concentrado	N	N	Agua de mar	E	E	Butileno	E	-
Ácido carbónico	E	E	Aguas negras	E	E	Carbonato de amonio	E	E
Ácido cítrico	E	L	Agua oxigenada	E	E	Carbonato de calcio	E	E
Ácido cloro acético	E	E	Agua potable	E	E	Carbonato de cobre	E	E
Ácido clorhídrico hasta 25%	E	B	Agua regia	E	L	Carbonato de potasio	E	E
Ácido clorhídrico 25% - 60%	E	E	Alcohol alílico 96%	B	L	Carbonato de sodio (soda ash)	E	E
Ácido crómico 10%	E	E	Alcohol butílico	E	B	Caseína	E	E
Ácido crómico 10% - 50%	E	L	Alcohol etílico	E	E	Cervezas	E	E
Ácido esteárico	E	E	Alcohol isopropílico (2 propanol)	E	E	Cetonas	N	N
Ácido fluorhídrico hasta 60%	E	L	Alcohol propílico (1 propanol)	E	E	Cianuro de potasio o sodio	E	E
Ácido fluorhídrico 100%	B	L	Almidón	E	E	Cianuro de mercurio	E	E
Ácido fórmico	E	N	Alumbres	E	E	Cianuro de zinc	E	E
Ácido fosfórico 0 - 25%	E	B	Amoniaco gas seco	E	E	Ciclo hexanol	N	N
Ácido fosfórico 25% - 85%	E	E	Amoniaco líquido	E	B	Ciclo hexano	N	N
Ácido graso	E	E	Anhidrido carbónico seco	E	E	Ciclo hexanona	E	E
Ácido glicólico 30%	E	E	Anhidrido carbónico húmedo	E	E	Combustible de jets	E	E
Ácido láctico 28%	E	E	Anhidrido fosfórico	E	-	Cloro gaseoso seco	L	N
Ácido láurico	E	E	Anhidrido sulfuroso seco	E	E	Cloro gas húmedo	L	N
Ácido linoleico	E	E	Anhidrido sulfuroso húmedo	E	B	Cloro líquido	N	N
Ácido maleico	E	E	Anhidrido sulfuroso solución	E	B	Cloro benceno	N	N
Ácido nítrico hasta 50%	E	B	Anilinas	N	N	Cloroformo	N	N
Ácido nítrico 60% - 70%	E	L	Antraquinona	E	E	Cloruro de amonio	E	E

E= Excelente / B= Resistencia aceptable / L= Limitado su uso / N= No Recomendado

Ventajas de las Tuberías Acueducto

Resistencia química del PVC

Sustancia	20 °C	60 °C	Sustancia	20 °C	60 °C	Sustancia	20 °C	60 °C
Cloruro de hierro	E	E	Glicoles	E	E	Querosén	E	E
Cloruro de calcio	E	E	Heptano	E	B	Sales de rochele	E	E
(Tetra) cloruro de carbono	N	N	Hexano	E	L	Solventes de acetatos	N	N
Cloruro de estaño	E	E	Hidrógeno	E	E	Solventes clorados	N	N
Cloruro de magnesio	E	E	Hidroquina	E	E	Solventes estándar	E	E
Cloruro de metileno	N	N	Hidróxido de aluminio	E	E	Soda caustica	E	E
Cloruro de níquel	E	E	Hidróxido de calcio	E	E	Soluciones de plateado de hierro	-	-
Cloruro de potasio o sodio	E	E	Hidróxido de magnesio	E	E	Cromo, oro, zinc, plomo, níquel	-	-
Cloruro de zinc	E	E	Yodo	N	N	Plata, estaño	E	E
Crudos (crude oil)	E	E	Leche	E	E	Sulfuro	E	E
Detergentes (10% cloro)	B	B	Licores de la industria del papel	E	E	Sulfato de aluminio	E	E
Dextrina y dextrosa	E	E	Licores de caña de azúcar	E	E	Sulfato de amonio	E	E
Diazo sales	E	E	Melazas	E	E	Sulfato de calcio	E	E
Disel combustible	E	E	Mercurio	E	E	Sulfato de cobre	E	E
Dietil éter	N	N	Metano	E	E	Sulfato férrico	E	E
Dimetil formamda	N	N	Metil-etil-cetona (mec)	N	N	Sulfato de magnesio	E	E
Diocil phatlato	N	N	Monoetanolamina	N	N	Sulfato de níquel	E	E
Dióxido de carbono	E	E	Nafta	E	E	Sulfato de potasio	E	E
Éteres	N	N	Naftaleno	N	N	Sulfato de plata	E	E
Éter etílico	N	N	Nicotina	E	E	Sulfato de sodio	E	E
Etilen glicol	E	L	Nitrobenzeno	N	N	Sulfito de sodio	E	E
Emulsiones fotográficas	E	E	Nitrato de aluminio	E	E	Sulfato de amonio	E	E
Fenol	B	N	Nitrato de amonio	E	E	Sulfuro de amonio	E	E
Ferrocianuro de potasio	E	E	Nitrato de calcio	E	E	Sulfuro de hidrógeno	E	E
Férricas sales	E	E	Nitrato de cobre	E	E	Sulfato de potasio	E	E
Formaldehido	E	E	Nitrato férrico	E	E	Sulfato de sodio	E	E
Fotografías, químicos y emulsiones	E	E	Nitrato de magnesio	E	E	Tetraetil de plomo	E	B
Freón 11-12-113-114	E	B	Nitrato de níquel	E	E	Tetrahidrofurano (thf)	N	N
Freón 21-22	N	N	Nitrato de sodio o potasio	E	E	Tolueno	N	N
Frutas, pulpas y jugos	E	E	Nitrato de plata	E	E	Trementina	E	E
Fuel oil	B	N	Nitrato de zinc	E	E	Trietalonamina	E	E
Furfural	N	N	Oleum (sulfúrico anhídrido)	N	N	Trietilamina	E	E
Jabones	E	E	Oxígeno	E	E	Trimetil propano	E	B
Gas de coque	E	E	Ozono	B	L	Tricloro etileno	N	N
Gas de hulla manufacturado	N	N	Parafina	E	E	Ureta	E	E
Gas natural (metano) seco	E	E	Petrolatum	E	E	Vinagre	E	E
Gas natural húmedo	E	E	Perborato de sodio o potasio	E	-	Vinos	E	-
Gasolina	E	E	Perclorato de potasio	E	E	Whisky	E	E
Gasolina refinada	E	B	Permanganato de potasio 10%	E	E	Xileno o xilol	N	N
Gasoil (diesel)	E	E	Permanganato de potasio 25%	B	L			
Gelatina	E	E	Propano	E	E			
Glucosa	E	E	Propilen glicol	E	E			
Glicerina (glicerol)	E	E	Potasa cáustica	E	E			

E= Excelente / B= Resistencia aceptable / L= Limitado su uso / N= No Recomendado

Consideraciones para el diseño de sistemas de acueducto en PVC

Previo al desarrollo y ejecución de un proyecto de acueducto deberán realizarse estudios preliminares que comprenderán la obtención, selección y recopilación de información tanto existente como por levantar en el sitio, abarcando desde la fuente del agua potable hasta la toma domiciliaria para cada usuario a fin de diseñar sistemas eficientes que se adapten a las condiciones de trabajo propias de cada localidad.

En forma general, durante el diseño y ejecución de un acueducto es fundamental tener a la mano la siguiente información:

- Proyecto del urbanismo
- Proyecto de vialidad
- Información del instituto de servicios en relación con las características del acueducto y de los puntos de donde se pueda alimentar la nueva red.

El diseño del acueducto en grandes rasgos se basa en la disposición de la red en la localidad y el diámetro adecuado para cada tramo o sección del mismo.

A continuación presentamos una serie de actividades paso a paso que facilitarán el camino para lograr un diseño adecuado:

1.- Estudio de Dotación

Entendiendo por dotación la cantidad de agua que se debe suministrar en un determinado tiempo a los usuarios de la red, se debe calcular el gasto diario haciendo uso de la Gaceta Oficial Extraordinaria No. 4044 del MSAS de fecha 08 de Septiembre del año 1988, referente a las dotaciones de los diferentes tipos de usos de la tierra.

La mencionada gaceta establece los consumos propios de viviendas unifamiliares, multifamiliares, centros asistenciales de salud, planteles educativos, cuarteles, cárceles, iglesias, instituciones públicas, mercados, supermercados, hoteles, estaciones de servicio, centros comerciales y algunos otros tipos de consumos de agua potable, sin embargo a continuación citamos la información correspondiente a los consumos en viviendas unifamiliares y multifamiliares por ser estos los más comunes y los que engloban el mayor consumo de agua potable.

Dotación de agua para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares

Área total de la parcela o del lote en m ²		Dotación de agua en litros x día
Hasta	200	1.500
201	300	1.700
301	400	1.900
401	500	2.100
501	600	2.200
601	700	2.300
701	800	2.400
801	900	2.500
901	1.000	2.600
1.001	1.200	2.800
1.201	1.400	3.000
1.401	1.700	3.400
1.701	2.000	3.800
2.001	2.500	4.500
2.501	3.000	5.000
Mayores de	3.000	5000 l/día + 100 l/día por cada 100m ²

Nota: Las dotaciones que aquí se presentan contemplan la dotación por consumo doméstico y la dotación por mantenimiento de áreas verdes.

Dotación de agua para edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares

Número de dormitorios de cada unidad de vivienda	Dotación de agua por vivienda en litros x día
1	500
2	850
3	1.200
4	1.350
5	1.500
MÁS DE 5	1500 l/día + 150 l/día por cada dormitorio adicional

Nota: Las dotaciones que aquí se presentan corresponden únicamente a las destinadas para consumo doméstico. La dotación correspondiente al mantenimiento de áreas verdes, piscinas, comercios u otros, deberán ser calculadas adicionalmente.

2.- Ubicación de la fuente de alimentación para la nueva red

Una vez conocida la demanda aproximada de agua potable requerida por el nuevo desarrollo, se procede a investigar las posibles fuentes de suministro, bien sea de un acueducto existente con capacidad suficiente o alguna otra fuente natural superficial o subterránea, a fin de garantizar el suministro promedio diario requerido. En este punto se pudiera profundizar más en lo que respecta a los diferentes tipos de fuentes de alimentación, sus ventajas y sus desventajas, sin embargo tal análisis no es parte del alcance de este manual, el cual está enfocado en el diseño de la red, de manera que para seguir con los pasos del diseño, se asumirá que se cuenta con una fuente de suministro suficiente para satisfacer la demanda promedio diaria y que su ubicación y características están bien definidas.

3.- Variaciones en el Consumo

Si bien el estimado de la demanda es obtenido como un promedio de consumo diario y la fuente de alimentación seleccionada debe ser capaz de proveer dicha demanda, la realidad es que por el contrario existen horas donde el consumo puede llegar a ser 200% del valor del consumo promedio mientras que en otros momentos estará por debajo de dicho valor. Por esta razón el acueducto debe ser diseñado para suplir el suministro eficientemente durante los momentos de mayor consumo.

En referencia al modelo de consumo diario, el INOS en publicación realizada en junio de 1965 presentó la curva típica de consumo en función del horario. Y al analizar dicha curva se pueden observar claramente las horas críticas, en las cuales se aprecia lo siguiente:

- 1.-Entre las 6:30 am y las 7:45 pm el consumo de agua es siempre superior al consumo diario promedio, mientras que durante el resto de la noche el consumo es inferior.
- 2.-A lo largo del día se producen dos picos de demanda bien identificados, el primero a las 8 am en el orden del 200% y el segundo alrededor de las 5 pm en el orden del 150%.

Con estos picos de demanda claramente identificados se procede a aplicar las correcciones correspondientes a los cambios de estación climática en el transcurso del año. En época de sequía durante los primeros 7 meses del año se experimenta un incremento en el consumo de agua en el orden del 125% y en los 5 meses restantes se percibe una disminución al 80%, de manera que la red de acueducto en desarrollo deberá ser capaz de suministrar agua bajo las condiciones más exigentes de demanda, la cual es la que se presenta durante la hora pico del día durante la sequía.

Pico máximo horario del día de consumo máximo diario:

Pico máximo = % máximo horario x % máximo diario

Pico máximo = 200% x 125% = 250% del consumo promedio diario

En este punto cabe aclarar que si bien la fuente del acueducto debe ser capaz de suministrar la totalidad de la demanda promedio diaria, es necesario calcular el almacenamiento de agua requerido para compensar las demandas altas con las bajas a fin de garantizar el suministro.

Es importante completar la información señalada anteriormente con lo establecido por la Gaceta 4.103 del 02-06-1989 NORMAS SANITARIAS PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, AMPLIACIÓN, REFORMA Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS PARA DESARROLLOS URBANOS; que establece lo siguiente:

Artículo 100: El cálculo de las tuberías del sistema de distribución de agua para los desarrollos urbanísticos, deberá ajustarse en lo posible a las curvas de demanda de consumo de la población, pero en caso de no conocerse éstas, podrán proyectarse bajo las siguientes hipótesis:

a: Caso de abastecimiento por gravedad: (válido también para aquellos casos donde se bombee directamente a estanques de almacenamiento o compensadores).

Hipótesis 1: Gasto máximo igual al 250% del gasto medio.

Hipótesis 2: Gastos iguales al 180% del gasto medio, más gasto de incendio correspondiente al nodo más desfavorable del sistema.

b. Caso de abastecimiento por bombeo a través de la red de distribución, con estanque compensador:

Hipótesis 1: Gasto máximo igual al 250% del gasto medio con las bombas funcionando.

Hipótesis 2: Gastos iguales a los considerados en las Hipótesis 1 y 2 del punto anterior pero con las bombas paradas.

Hipótesis 3: Gastos de consumo igual a cero con las bombas en funcionamiento.

Por su parte el Artículo 95 establece los gastos de incendio, dependiendo del tipo de urbanismo:

a. Zonas Residenciales destinadas a viviendas unifamiliares o bifamiliares aisladas, 10 l/s.

b. Zonas Residenciales destinadas a viviendas multifamiliares, comerciales o mixtas e industriales, 16 l/s para baja densidad y 32 l/s para alta densidad. (Se acostumbra a utilizar este último valor en zonas industriales). La duración del incendio se supondrá de cuatro (04) horas.

Finalmente el Artículo 75 establece la capacidad requerida de almacenamiento en los estanques:

a. Estanque para una red: 40 % del gasto medio + reserva para incendio (04 horas).

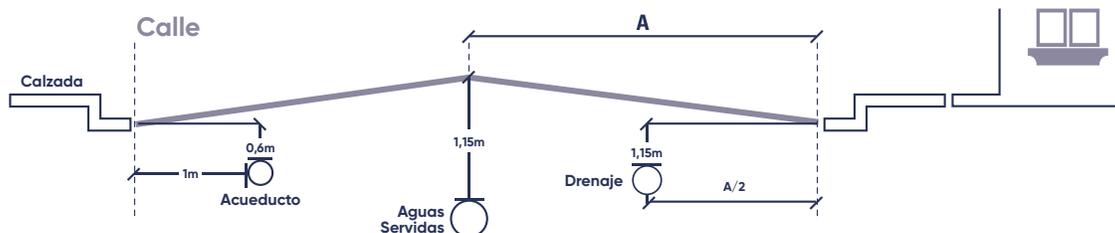
b. Estanque para una red de la cual se bombea a otra: 40 % del gasto medio + reserva para incendio (04 horas) + 25% del gasto medio de la red abastecida por bombeo.

c. Estanque para una red abastecida por bombeo de la cual se bombee a otra: 40 % del gasto medio diario de la red + reserva para incendio (04 horas) + 25% del gasto medio de la red abastecida por bombeo + 12.5% de la red abastecida por rebombeo.

4.- Diseño de la red

Una vez conocida la demanda máxima de la red y la demanda máxima de cada toma, procedemos a hacer el diagrama de la red aplicando los pasos que se presentan a continuación:

- Ubicación en el plano de planta de las distintas tomas de agua, ya que por frente de cada toma, necesariamente deberá colocarse una tubería de distribución.
- Habiendo establecido las tuberías de distribución principal, se procede a elaborar fácilmente la red de distribución hacia cada una de las tomas domiciliarias.
- En una calle generalmente las aguas servidas van por el eje de ella, el drenaje por un lado de la calzada y el acueducto a 1 metro de la acera por el otro. Generalmente se colocan las tuberías de acueducto por el lado de la calzada que presente más tomas domiciliarias.



•Se debe cuidar que las tuberías de distribución estén enmalladas y con frecuencia es conveniente la colocación de tuberías, que aunque no alimenten directamente ninguna parcela, representen alternativas de flujo muy importantes en caso de fallas en algunos ramales de la red.

•Se procede a calcular la demanda media máxima que abastece directamente cada tramo en función de las parcelas o las tomas domiciliarias que alimenta. Entendiendo como tramo el ramal de tubería comprendido entre dos nodos consecutivos y por nodo a aquellos puntos donde se interceptan varios tramos de tubería, inclusive en tramos muy largos, algún punto intermedio que el proyectista considere conveniente.

•Se realiza la sumatoria de los consumos consolidados en cada nodo y se obtiene el consumo promedio concentrado en cada nodo, luego se evalúa la red bajo las condiciones de funcionamiento que establece la norma y cualquier adicional que considere el proyectista.

•Se estima un diámetro para cada tramo de tubería. A tal efecto las tablas siguientes pueden ser usadas como referencia:

Velocidad máxima recomendada para cada diámetro de tubería

Caso caudal max. = 250% X caudal medio	
DIÁMETRO (mm)	V max. (m/s)
50	0,65
75	0,70
110	0,75
160	0,80
200	0,90
250	1,00
315	1,10
400	1,25
500	1,40

Nota: Estas velocidades máximas que establece la norma deben ser consideradas como referencia, en ningún caso como algo rígido e inflexible. Lo que si debe ser respetado para garantizar un buen funcionamiento del sistema, es manejarse dentro de los rangos de velocidad mínima y máxima, los cuales nos permiten tener un buen flujo dentro de la red, pero sin llegar a los valores de velocidad en donde hay que considerar los efectos por golpe de ariete, tal rango de velocidad es el siguiente:

Velocidad mínima = 0,6 m/s

Velocidad máxima = 1,6 m/s

Utilizando la información señalada previamente de la velocidad máxima recomendada para cada diámetro, es posible estimar el número aproximado de personas que pueden ser atendidas:

Cálculo de Q. Máx. y Población para cada diámetro de tubería					
D (mm)	D. int. (mm)	Área (m²)	V. Máx. (m/s)	Q. Máx (l/s)	Población
50	45,2	0,001605	0,65	1,04	121,00
75	67,8	0,003610	0,70	2,53	292,00
110	99,4	0,007760	0,75	5,82	671,00
160	144,6	0,016422	0,80	13,14	1.514,00
200	180,8	0,025674	0,90	23,11	2.662,00
250	226,2	0,040186	1,00	40,19	4.630,00
315	285,0	0,063794	1,10	70,17	8.084,00
400	361,8	0,102808	1,25	128,51	14.805,00
500	452,2	0,160602	1,40	224,84	25.902,00

Para los Cálculos anteriores se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se trabajó con la tubería AB que se comercializa con mayor frecuencia. Los valores con clase AC no varían significativamente.
- Se utilizó la hipótesis $Q_{max} = 2,5 Q_{medio}$.
- Se consideró para la dotación una parcela de 200m², dot= 1500 l/día.
- Se estimó un promedio de 05 personas por parcela.

El paso siguiente es equilibrar el sistema logrando una distribución final de caudales que permita comprobar:

- a. Que en todos los nodos se cumpla la ecuación de continuidad "Caudal Afluyente igual a Caudal Efluyente".
- b. Que la suma algebraica de las pérdidas en cualquier malla sea igual a cero. Para verificar este punto se debe asignar un signo a cada tramo en cada malla, de acuerdo al sentido en el cual se haya estimado el caudal inicialmente. Habitualmente se considera el sentido de las agujas del reloj como positivo, si el sentido del caudal coincide es positivo, de lo contrario es negativo.

Para lograr este punto existen varios métodos iterativos de aproximación, siendo el más común el método de Hardy Cross que será explicado brevemente más adelante. La aplicación del método permite calcular los caudales finales en cada tramo y los sentidos finales de dichos caudales, estos últimos no necesariamente coinciden siempre con los estimados inicialmente. El proyectista puede modificar los diámetros preseleccionados inicialmente a fin de ocasionar los cambios en los caudales o sentidos finales que considere más convenientes para el proyecto. No es recomendable que los caudales finales sean muy cercanos a cero. Es importante resaltar que la aplicación del método iterativo seleccionado se debe hacer para cada una de las hipótesis recomendadas por el artículo 100 de la Gaceta 4.103 señalado previamente, tomando siempre como referencia el caso más desfavorable.

• Para calcular las pérdidas en cada uno de los tramos, durante la aplicación del método iterativo seleccionado, la Gaceta 4.103 recomienda en el artículo 102 la fórmula de William Hazen que se describe a continuación: (Tomada del libro del profesor Simón Arocha, Abastecimientos de Agua, pág. 18)

$$J = \frac{1,21957 \times 10^{-10} \times L \times 1,1 \times Q^{1,85}}{140^{1,85} \times D^{4,87}}$$

- J= Pérdida en metros**
- L= Longitud de cada tramo en metros**
- Q= Caudal en l/s**
- D= Diámetro interno en mm.**

Nota: a la fórmula señalada por el profesor Arocha en su libro, se le ha agregado el término 1.1 a fin de aumentar en un 10% la longitud de cada tramo y de este modo considerar en el cálculo las pérdidas que se generan por las diferentes conexiones del sistema.

• Una vez que el proyectista esté conforme con los caudales y sentidos finales de cada una de las mallas, se calculan las pérdidas finales y se utilizan estos valores para calcular la presión final en cada uno de los nodos, verificándose que se cumplan las recomendaciones indicadas en los artículos 93 y 103 de la Gaceta 4.103 que señala que el rango de presiones debe variar entre 20 y 70 metros de altura de agua. (28.44 – 99.54 PSI). Si no se cumple con este rango de presiones se deben proceder a realizar las modificaciones que sean necesarias en el sistema a fin de cumplir con dicha recomendación y repetir de nuevo la aplicación del método iterativo seleccionado. Dichas modificaciones pueden contemplar entre otras:

- a. Modificar los diámetros de algunos tramos.
 - b. Sugerir la instalación de Válvulas Reguladoras de Presión o Reguladoras de Flujo.
- Es conveniente revisar las velocidades que se generan con los caudales finales y compararlas con la Tabla tomada de la Norma INOS indicada previamente.

A continuación se presenta una tabla que nos permite conocer los valores del caudal en litros por segundo para cada uno de los diámetros de tubería TUBRICA en función de la velocidad mínima, velocidad sugerida y velocidad máxima, de esta forma se hará más sencilla la selección de diámetros apropiados en función de las características de diseño.

Caso Caudal Max. = 250% x Caudal Medio								
D. nominal (mm)	D efectivo (mts)	Á. útil (mts ²)	V. min.	Q min.	V sugerida	Q sugerida	V máx	Q máx.
50	0,0454	0,00162	0,60	0,97	0,65	1,05	1,60	2,59
75	0,0678	0,00361	0,60	2,17	0,70	2,53	1,60	5,78
110	0,0994	0,00776	0,60	4,66	0,75	5,82	1,60	12,42
160	0,1446	0,01642	0,60	9,85	0,80	13,14	1,60	26,28
200	0,1808	0,02567	0,60	15,40	0,90	23,11	1,60	41,08
250	0,2262	0,04019	0,60	24,11	1,00	40,19	1,60	64,30
315	0,2850	0,06379	0,60	38,28	1,10	70,17	1,60	102,07
400	0,3618	0,10281	0,60	61,68	1,25	128,51	1,60	164,49
500	0,4522	0,16060	0,60	96,36	1,40	224,84	1,60	256,96

V = m/s Q= l/s - lps

Método de Hardy Cross

El Método de Hardy Cross se aplica para balancear cada una de las mallas que forman parte del sistema. Para poderlo aplicar se requiere que el proyectista haya realizado un predimensionado de los diámetros de cada uno de los tramos del proyecto. Con dichos diámetros se hace un primer cálculo de las pérdidas en cada uno de los tramos del sistema.

En este punto es cuando se aplica propiamente el Método de Cross, el cual nos permite calcular la variación del caudal Δq en la que debe modificarse el caudal de cada tramo supuesto originalmente para logra balancear el sistema:

En donde:

$$\Delta q = \frac{\sum K \cdot Q^n}{n \cdot \sum K \cdot Q^{n-1}}$$

- Δq= Factor de corrección (l/s)
- Σ K= Sumatoria algebraica de las pérdidas por carga en cada tramo con su signo
- Σ K·Qⁿ⁻¹= Sumatoria en valor absoluto de la relación pérdida - caudal en cada tramo

Pérdida introducida al sistema en metros de altura de agua por cada 100 metros de longitud de la red, contemplando las velocidades mínimas y máximas con su respectivo caudal asociado

D(mm)	50		75		110		160		200		250		315		400		500	
DI(mm)	45,20		70,60		103,60		150,60		188,20		235,40		296,60		376,60		452,20	
A (cm ²)	0,160		0,391		0,843		1,781		2,782		4,352		6,909		11,139		16,060	
Q (l/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)
5,00			3,097	1,38	0,480	0,64												
5,50			3,694	1,52	0,573	0,71												
6,00			4,339	1,66	0,673	0,77												
8,00					1,146	1,03												
10,00					1,732	1,29	0,279	0,61										
12,00					2,427	1,55	0,391	0,73										
14,00					3,228	1,80	0,520	0,85	0,175	0,55								
16,00							0,666	0,97	0,224	0,62								
18,00							0,828	1,10	0,279	0,70								
21,00							1,101	1,28	0,371	0,82								
24,00							1,410	1,46	0,475	0,93	0,160	0,60						
27,00							1,753	1,64	0,591	1,05	0,198	0,67						
31,00							2,264	1,89	0,763	1,21	0,256	0,77						
35,00									0,955	1,36	0,321	0,87						
39,00									1,166	1,52	0,392	0,97	0,127	0,61				
43,00									1,397	1,67	0,469	1,07	0,152	0,67				
47,00											0,553	1,17	0,180	0,74				
52,00											0,667	1,29	0,216	0,82				
57,00											0,790	1,42	0,257	0,89				
62,00											0,923	1,54	0,300	0,97	0,094	0,60		
67,00											1,066	1,67	0,346	1,05	0,108	0,65		
72,00													0,395	1,13	0,124	0,70		
77,00													0,447	1,21	0,140	0,75		
83,00													0,514	1,30	0,161	0,81		
89,00													0,585	1,40	0,183	0,87		
95,00													0,660	1,49	0,206	0,92	0,070	0,59
101,00													0,739	1,58	0,231	0,98	0,078	0,63
107,00													0,822	1,68	0,257	1,04	0,087	0,67
113,00															0,285	1,10	0,096	0,70
119,00															0,313	1,16	0,106	0,74
125,00															0,343	1,22	0,116	0,78
131,00															0,374	1,27	0,126	0,82
137,00															0,407	1,33	0,137	0,85
147,00															0,463	1,43	0,156	0,92
157,00															0,523	1,53	0,177	0,98
167,00															0,586	1,62	0,198	1,04
177,00																	0,220	1,10
187,00																	0,244	1,16
197,00																	0,269	1,23
207,00																	0,294	1,29
217,00																	0,321	1,35
227,00																	0,349	1,41
237,00																	0,378	1,48
247,00																	0,408	1,54
257,00																	0,439	1,60
267,00																	0,471	1,66

Tubería de Acueducto AC

Pérdida introducida al sistema en metros de altura de agua por cada 100 metros de longitud de la red, contemplando las velocidades mínimas y máximas con su respectivo caudal asociado

D(mm)	50		75		110		160	
DI(mm)	45,20		63,80		93,60		136,20	
A (cm ²)	0,143		0,320		0,688		1,457	
Q (l/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)	J(m)	V(m/s)
0,90	1,247	0,63						
1,10	1,808	0,77						
1,50	3,209	1,05						
2,00	5,465	1,40	0,764	0,63				
2,20	6,518	1,54	0,912	0,69				
2,40	7,657	1,68	1,071	0,75				
2,90			1,520	0,91				
3,40			2,040	1,06				
3,90			2,629	1,22				
4,40			3,287	1,38	0,508	0,64		
4,90			4,011	1,53	0,620	0,71		
5,40			4,801	1,69	0,742	0,78		
7,40					1,330	1,08	0,214	0,51
9,40					2,070	1,37	0,333	0,65
11,40					2,958	1,66	0,476	0,78
13,40							0,642	0,92
15,40							0,831	1,06
17,40							1,041	1,19
20,40							1,397	1,40
23,40							1,801	1,61
26,40							2,251	1,81

Para los casos anteriores los valores fueron calculados con la fórmula de William Hazen, tomada del libro del profesor Simón Arocha, Abastecimientos de Agua, pág. 18

En donde

$$J = \frac{1,21957 \times 10^{-10} \times 100 \times Q^{1,85}}{140^{1,85} \times D^{4,87}}$$

J = Metros de altura de agua

L = Longitud de cada tramo en metros (Para efecto de esta tabla se tomó 100 mts. como longitud)

Q = Caudal en l/s (se tomó 1,85 como valor para el exponente del caudal).

D = Diámetro interno en mm

Ejemplo de aplicación

Calcule la pérdida que se produce en una tubería de 75mm de diámetro, clase AB, con un Caudal de 5.5 l/s, para una longitud de 3mts:

Para resolver este problema usando la tabla se busca para el diámetro indicado el factor que corresponde al Caudal solicitado, en este caso, para Q= 5.5 l/s el factor es = 3.694. Dicho factor se multiplica por la longitud señalada y se divide entre 100.

Pérdida (m) = $3.694 \times 3 / 100 = 0.111$ m.

Golpe de ariete

Golpe de ariete es el nombre dado al fenómeno según el cual toda variación en las condiciones de funcionamiento de un aparato (válvula, bomba, etc.) instalado en una tubería por la que circula un líquido en régimen permanente, produce unas variaciones de presión y caudal que se propagan por el interior de la misma a una velocidad determinada, la cual sólo depende de la compresibilidad del líquido y de la rigidez de la tubería.

Desde el punto de vista hidráulico, son más problemáticos los casos que se producen por arranque o parada brusca de bombas, por apertura o cierre de válvulas, o por cualquier causa que modifique el régimen de funcionamiento de la instalación. De todos ellos el más desfavorable, por incontrolable, es la parada de bombas por corte de energía.

El estudio del golpe de ariete es muy complejo puesto que en él intervienen cuatro variables: presión, caudal, espacios, y tiempo que varían simultáneamente.

En este manual hemos considerado, para el cálculo de la sobrepresión que se origina al cerrar una llave, el método de J. Michaud por tomar en cuenta las elasticidades del agua y del tubo.

Fórmula de Michaud:

En la que

- $\Delta H =$ Incremento de presión o de altura, o golpe de ariete.
 $L =$ Longitud de la tubería.
 $v =$ Velocidad de circulación del agua
 $g =$ Aceleración de la gravedad.
 $t =$ Tiempo de apertura o cierre de la válvula.

$$\Delta H = \pm \frac{2Lv}{gt}$$

Si se forma la igualdad, llamada Tiempo de Allievi:

$$t = \frac{2L}{a}$$

Sustituyendo en la fórmula de Michaud se tiene:

$$\Delta H = \pm \frac{2Lv}{gt} = \pm \frac{2Lv}{g \frac{2L}{a}} = \pm \frac{av}{g}$$

$$\Delta H = \pm \frac{av}{g}$$

Gracias a los valores de celeridad bajos de las tuberías de PVC, las sobre presiones que pueden producirse son muy inferiores a las que se presentan empleando materiales tradicionales.

Siendo:

$$a = \sqrt{\frac{g}{\left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_t} \times \frac{D_n}{e} \right] \delta}}$$

$a =$ Velocidad de propagación o celeridad, en m/s

$g =$ Aceleración de la gravedad, en m/s²

$E_1 =$ Módulo de elasticidad del líquido (para el agua, $E_1 = 2,1 \times 10^8$ kg/m²)

$D_n =$ Diámetro exterior del tubo, en mm.

$e =$ Espesor de la pared tubo, en mm.

$E_t =$ Módulo de elasticidad del material del tubo, en kg/m²

$\delta =$ Peso específico del líquido (para el agua, = 1000 kg/m³)

El valor de la velocidad de propagación de la onda es función del módulo de elasticidad del agua, cuyo valor varía poco en función de la temperatura, y del módulo de elasticidad del material de la tubería, que varía entre amplios límites. Cuanto más bajo sea dicho valor (más deformable la tubería) más baja es la velocidad de propagación de la onda y con ello disminuye el valor de la sobrepresión que puede originarse en la tubería. De aquí que sea aconsejable el empleo de tuberías de materiales plásticos, por su bajo módulo de elasticidad, pues en las mismas condiciones de funcionamiento dan lugar a sobrepresiones muy inferiores a las que se producirían con el empleo de materiales clásicos, considerablemente más rígidos.

Tabla de valores de celeridad de las tuberías

Material PVC	D _n e	E _t kg/m ²	a m/s
tubos de 0,4 MPa. (AO)	51	3 x 10 ⁸	240
tubos de 0,6 MPa. (AA)	34	"	290
tubos de 1,0 MPa. (AB)	21	"	365
tubos de 1,6 MPa. (AC)	14	"	440

Medios para atenuar el golpe de ariete

• Válvulas de retención

Se instalan normalmente en las impulsiones para proteger el grupo de bombeo y evitar el vaciado de la tubería a través de la propia bomba.

• Ventosas

Se emplean para evitar la cavitación en los puntos más altos de la instalación. Permiten la entrada del aire cuando se produce la depresión y su salida cuando la tubería se pone en funcionamiento.

Diámetro de la ventosa según el diámetro de la tubería

Diámetro externo (mm)	Diámetro de la ventosa manual	Diámetro de la ventosa automática
110 a 250	1" a 3"	1/2"
315	4"	3/4"
400	6"	1"
500	6"	2"

• Depósito de agua

Se enlaza la tubería con un depósito parcialmente lleno de agua mediante una válvula que se abre a la depresión y se cierra con presión. Este dispositivo sirve para evitar la cavitación local de un punto alto de la instalación, donde no se pueda construir una chimenea.

• Chimenea de equilibrio

Consiste en un depósito vertical, cuya sección puede ser variable, acoplado a la tubería y de altura mayor que la equivalente a la presión que soporta la misma.

Esta solución es la más común, siempre que el tipo de instalación lo permita, por no requerir mantenimiento. La limitación está en la altura necesaria para la chimenea.

• Válvulas reductoras de presión

Instaladas en el sistema para controlar posibles aumentos de presión, las mismas son calibradas según los requerimientos del sistema.

• Control de las velocidades de flujo

Se deben mantener velocidades bajas durante el llenado de la tubería para asegurar que el aire salga completamente antes de llegar a la presión de servicio.

Respetar las velocidades de diseño recomendadas para cada uno de los sistemas. En el caso de Sistemas de Acueductos no debe ser mayor a 1,6m/s.

Instalación

Preparación de la Zanja

El lomo de la tubería estará a una profundidad mínima de 60 cm. La zanja debe tener paredes rectas y su base debe ser plana y libre de desechos, piedras con aristas pronunciadas y cualquier objeto que pueda dañar el tubo. El fondo de la zanja debe ser cubierto con una capa de 10 cm. de profundidad de material seleccionado. Una vez colocado se debe nivelar adecuadamente, para asegurar el soporte del tubo y sus uniones.

Se deben excavar pequeños nichos o hendiduras en el lecho de apoyo, en aquellos puntos donde vaya a estar ubicada una junta, permitiendo así que los tramos estén uniformemente soportados y alineados.

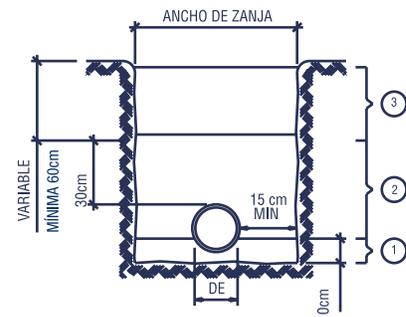
Luego de instalada la tubería sobre la capa de nivelación, se procede a cubrirla con material seleccionado de manera uniforme entre los costados de la tubería y la pared de la zanja, apisonados o compactados manualmente hasta alcanzar una altura de 30 cm por encima del lomo de la tubería.

El resto de la zanja se termina de rellenar con material de excavación en capas de 30 cm, compactándolo mecánicamente.

Ancho y Profundidad de zanja

Diámetro Nominal (mm)	Ancho de Zanja (m)	Profundidad (m)
50	0.45	0.75
75	0.45	0.85
110	0.45	0.90
160	0.60	1.00
200	0.60	1.10
250	0.60	1.20
315	0.75	1.30
400	0.90	1.40
500	0.95	1.50

"Valores tomados de la Norma de Acueductos Rurales del Servicio Autonomo de Vivienda Rural"



- 1.- Lecho de apoyo o capa de nivelación
- 2.- Relleno inicial (compactación manual)
- 3.- Relleno final (compactación mecánica)

Alineamiento y Pendiente

1.- Las tuberías de acueducto no deben instalarse completamente horizontales, debe darse una pendiente mínima con la finalidad de permitir la acumulación de aire en los puntos altos y su eliminación por medio de válvulas tipo ventosa.

2.- La excavación de la zanja debe seguir los lineamientos y pendientes establecidos para el proyecto.

Consideraciones Técnicas

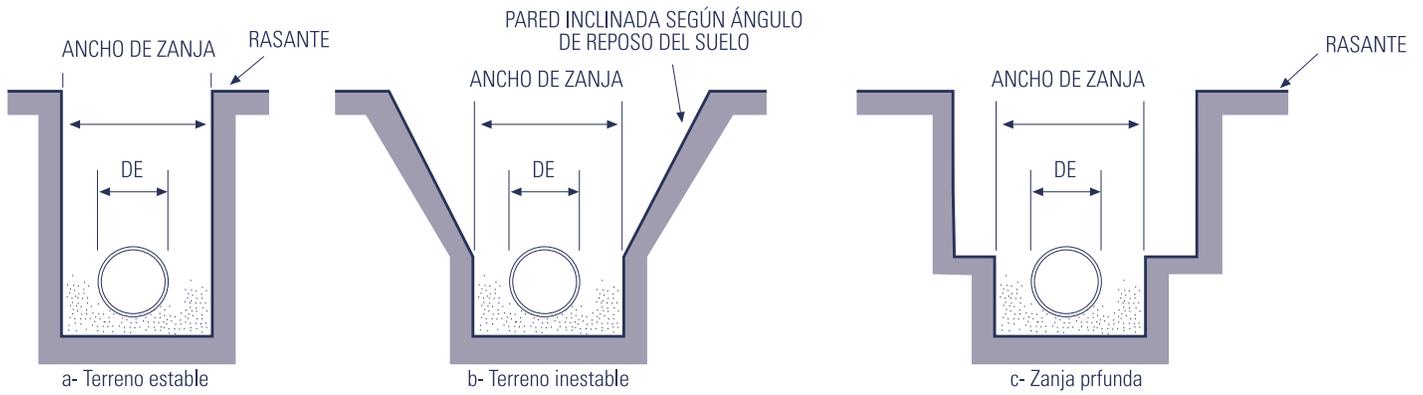
1.- Todas las tuberías de la red de acueducto deben ser instaladas preferiblemente por las zonas verdes de las vías o muy cercanas a las aceras, siempre cumpliendo con las disposiciones sobre separación del resto de los servicios (aguas servidas, drenajes, canalizaciones eléctricas, etc).

2.- El sistema de Acueducto debe ser instalado a un nivel superior de los sistemas de alcantarillado y drenaje de lluvias.

3.- Se deben tomar todas las precauciones para evitar la entrada de agua a la zanja, de manera que no se pueda presentar la flotación de las tuberías. No se debe instalar la tubería en la zanja si hay agua que afecte su instalación, ni cuando las condiciones generales de la zanja o el tiempo sean inapropiados para esta clase de trabajos, como por ejemplo peligro de deslizamiento o derrumbe.

4.- En el caso de que el trazado de la tubería cruce suelos rocosos e inestables, deben tomarse las medidas de protección necesarias, tales como revestimiento o recubrimiento de concreto simple, anclajes de concreto reforzados, entre otros, para garantizar estabilidad y evitar esfuerzos en la tubería.

5.- Se excavará hasta la línea de la rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubrimiento piedras, cimentaciones, rocas, etc... será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación complementaria tendrá de diez a veinte (10 a 20) centímetros de espesor.

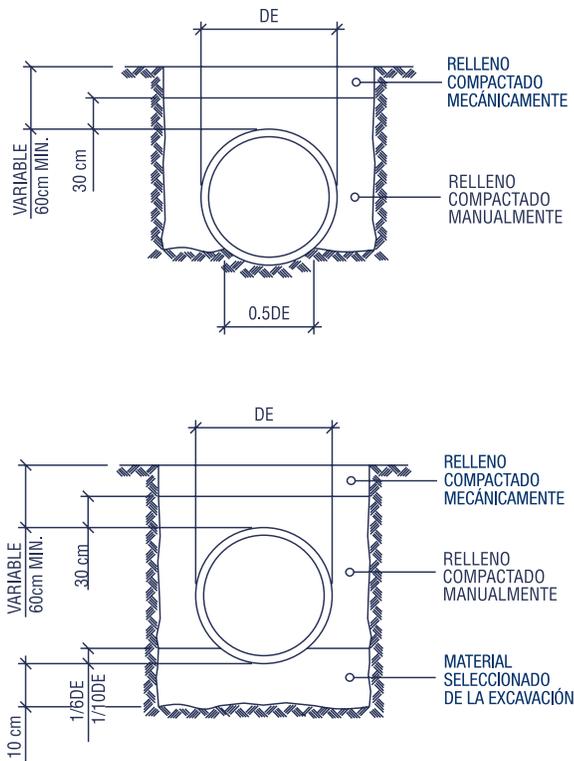


Tipos de apoyo para la tubería

El fondo de la zanja debe conformarse para garantizar un apoyo firme, estable y uniforme a lo largo del tendido. Se recomiendan dos tipos de apoyo para el soporte de los tubos de PVC para acueductos:

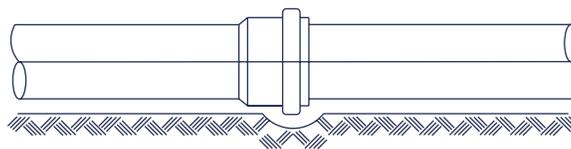
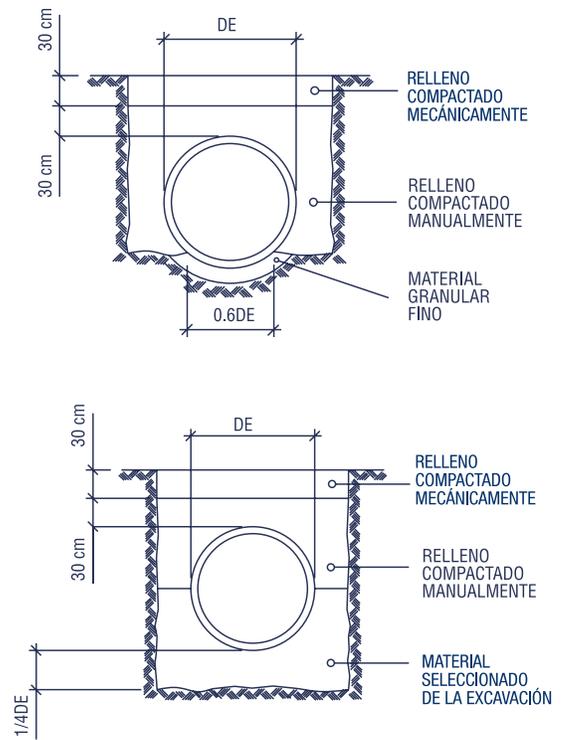
Apoyo Tipo C

Apoyo realizado con material seleccionado de la excavación



Apoyo Tipo B

Apoyo realizado con arena



Independientemente del tipo de apoyo seleccionado, se deberán excavar unas cavidades en el lecho a nivel de las juntas de la tubería que permitan un apoyo uniforme en toda su longitud.

Instalación del sistema



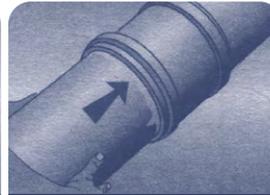
Revise la espiga del tubo a acoplar. Debe estar libre de obstáculos y el borde biselado para facilitar la unión.



Limpie la campana y el espacio anular.



Para facilitar la unión aplique lubricante en la espiga (Solución jabonosa o Grasas naturales). El lubricante puede ser aplicado con la mano, un trapo o una estopa.



Introduzca la espiga en la campana hasta que haya hecho contacto con el anillo. Sujete la campana y empuje la espiga con un movimiento rápido y un leve giro. Se puede utilizar como guía la marca en la espiga de la tubería.



Si encuentra resistencia al acople, utilice una barra hincada como palanca contra un listón de madera. En los diámetros mayores será necesario utilizar la pala de la retroexcavadora, en dichos casos se debe proteger muy bien la campana de la tubería.

Anclaje

En un sistema de acueducto se presentan cambios de direcciones en el flujo (codos, tees, curvas, etc.), como cambios en el área libre de conducción (reducciones, válvulas, tapones etc.), ocasionando modificaciones en las características de flujo dentro del sistema. Para evitar los desplazamientos de las conexiones y tuberías se deben anclar todos los cambios de dirección a través de bloques de concreto que transfieran las fuerzas generadas al suelo. Las dimensiones de los bloques, dependerán del diámetro de la tubería, presión máxima interna, tipo de conexión y resistencia del suelo.

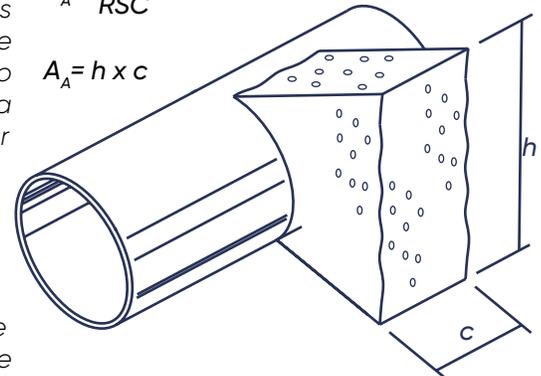
Usualmente los bloques de anclaje son de una resistencia del concreto a la compresión: $R_{cc} = 100 \text{ kg/cm}^2$ y son diseñados para presiones de prueba con Factor de Seguridad de 1,5 veces la presión de servicio de la tubería.

$$F = RSC \cdot A_a$$

F = Fuerza debida a la presión hidrostática
 RSC = Resistencia del suelo a la compresión
 A_a = Área de anclaje

$$A_A = \frac{F}{RSC}$$

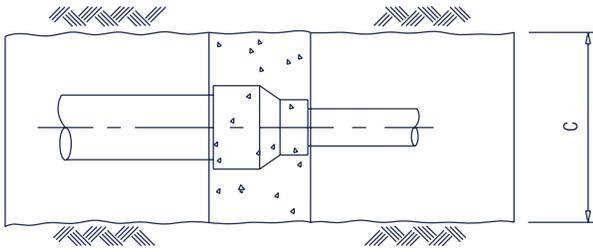
$$A_A = h \times c$$



Los estudios de suelo indican el valor de la resistencia a la compresión (RSC), sin embargo, se puede tomar como guía la siguiente información:

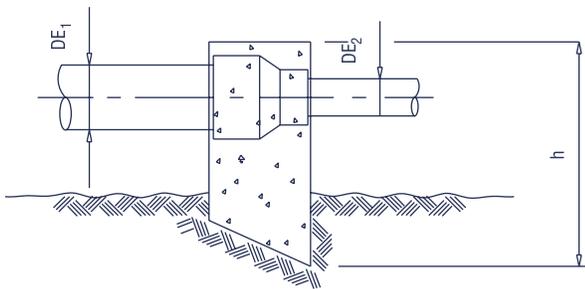
Tipo de Suelo	RSC (kg / cm ²)
Turba-Fango	0.00
Arcilla suelta	0.25
Arena	0.50
Arena y Grava	0.75
Arena y grava con arcilla	1.00
Arena y grava cementada con arcilla	11:1

Reducción

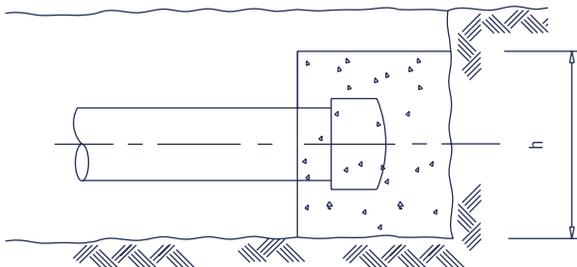


$$F = (A_1 - A_2) \times P$$

$$(A_1 - A_2) = \frac{\pi}{4} (DE_1^2 - DE_2^2)$$

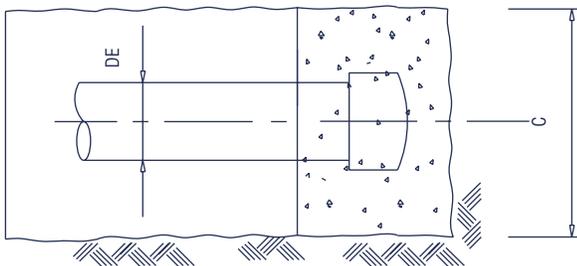


Tapón

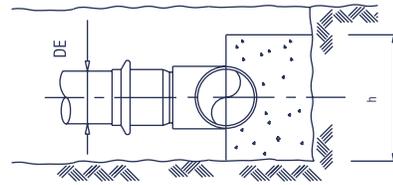


$$F = A \times P$$

$$A = \frac{\pi \times DE^2}{4}$$

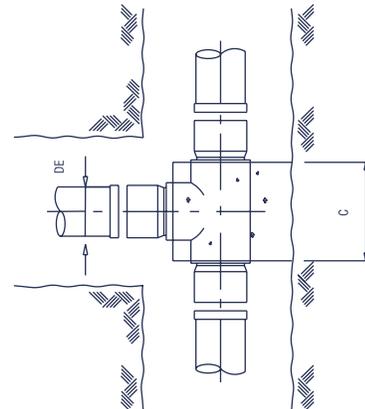


Tee

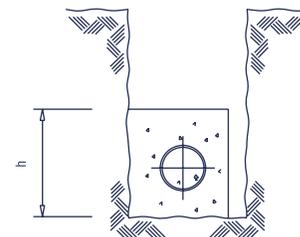


$$F = A \times P$$

$$A = \frac{\pi \times DE^2}{4}$$

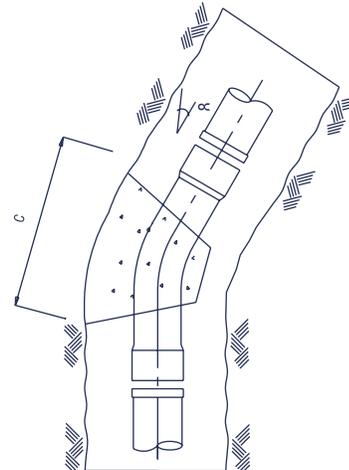


Curva



$$F = R \times P$$

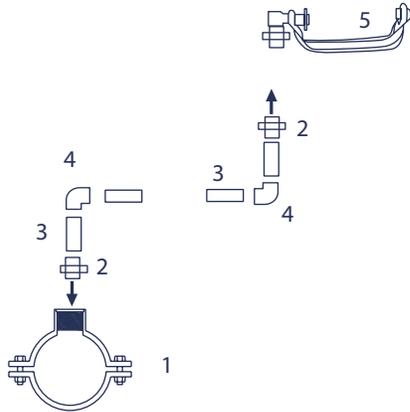
$$A = 2A \text{ Sen} \frac{\alpha}{2}$$



Toma domiciliaria con abrazadera

Instalación de las abrazaderas en las tomas domiciliarias

1. Limpie la superficie de la tubería en la que será instalada la abrazadera.
2. Verifique la correcta localización del anillo de goma dentro de la mitad superior de la abrazadera. No use lubricantes.
3. Coloque la abrazadera sobre la tubería, dándole la inclinación deseada, preferiblemente en posición vertical, ajuste los tornillos hasta que quede inmóvil.
4. Con la ayuda de un taladro, perfora la tubería a través de la abrazadera, puede usar una cabilla o punzón calentado previamente. Tomar la precaución de no dañar la rosca hembra de la abrazadera. Para ello puede utilizar como guía un niple de acero galvanizado.

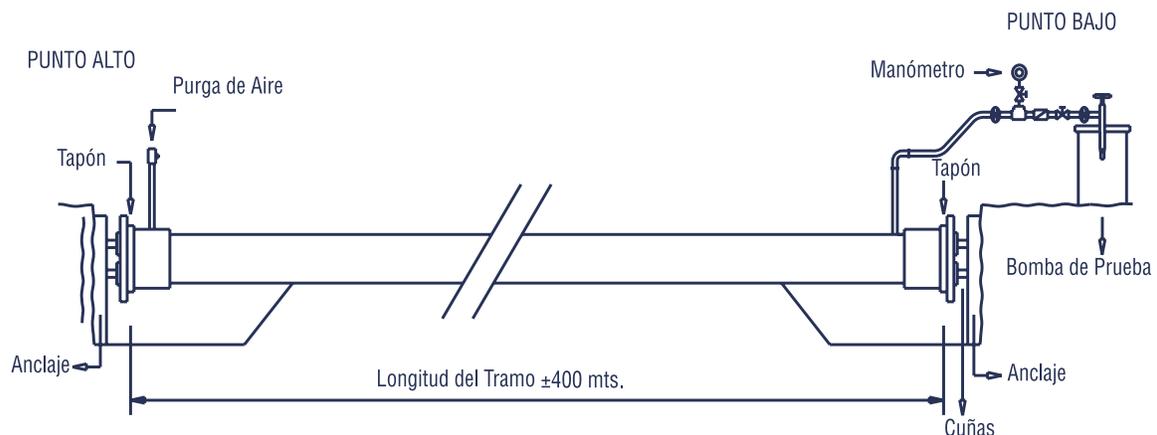


1- Abrazadera	Salidas		
	1/2"	3/4"	1"
2- Adaptador macho soldado	1/2"	3/4"	1"
3- Tubería para agua fría	1/2"	3/4"	1"
4- Codo 90°	1/2"	3/4"	1"
5- Caja Troncocónica	-	-	-

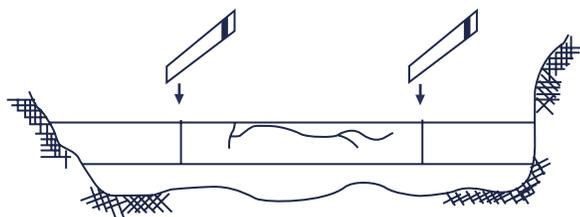
Prueba de estanqueidad del sistema

Luego de haber asegurado el sistema con sus respectivos soportes y anclajes previamente curados y fraguados, se debe realizar una prueba de estanqueidad antes de su empotramiento definitivo. Para tendidos largos de tubería, se debe efectuar la prueba en tramos parciales no mayores de 400 m de longitud.

Se procede llenando lentamente con agua, permitiendo la salida de aire a través de las válvulas de venteo o de purga, situadas en los puntos altos del sistema. Se incrementa la presión una vez purgada y llenada la tubería a razón de 1 Kg/cm² por minuto, por medio de una bomba de émbolo manual, equipada con llave de registro, check y manómetro hasta alcanzar la presión de prueba, de 1.5 veces la presión de servicio (Presión obtenida en los cálculos del proyecto), pero nunca menor a 150PSI de acuerdo a lo recomendado en el artículo 53 de la Gaceta 4.103. Luego se cierra la llave de registro y si en el transcurso de 1 hora manteniéndose la lectura sin variación del manómetro no disminuye la presión, se considera aprobada la prueba hidrostática.



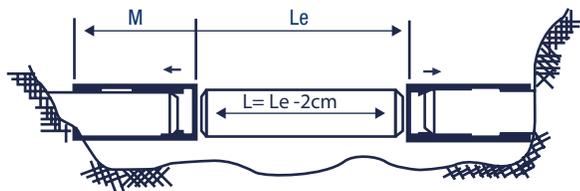
Metodología para efectuar reparaciones



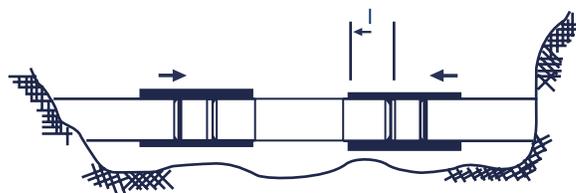
1- Ubique y elimine el tramo dañado.



2- Bisele y limpie los extremos al unir.



3- Corte y bisele un niple de tubería con una longitud inferior en dos (2) centímetros a la longitud que separa las espigas de los tubos a unir. Lubrique las espigas y anillos, para luego insertar los manchones de reparación hasta hacer tope con el anillo opuesto al lado de la inserción.



4- Marque sobre cada espiga del niple la profundidad de inserción del manchón: $(I=M/2 - 1.5\text{cm})$. Lubrique las espigas del niple y haga retroceder los manchones hasta alcanzar la marca de inserción.

Válvulas de Limpieza

Para prevenir la acumulación de sedimentos en los puntos bajos de una Red de Distribución o una tubería de Aducción, es recomendable la instalación de llaves de cierre instaladas en las derivaciones de línea, permitiendo así la descarga hacia un punto del sistema de drenaje del urbanismo o hacia un curso natural de agua. En algunos casos, los hidrantes pueden ser utilizados para cumplir esta función.

Cuando se procedan a instalar las válvulas, se debe tomar como referencia el siguiente cuadro:

Diámetro externo (mm)	Diámetro de la limpieza (")
75 - 110	2"
160	4"
200	4" o 6"
250 - 400	6"
500	8"

Mantenimiento

El mantenimiento preventivo debe ser el estipulado en las normas generales de construcción y las recomendaciones realizadas por el departamento de ingeniería de la empresa constructora; pudiendo utilizarse métodos y equipos de inspección y limpieza que no atenten contra los tubosistemas de PVC.

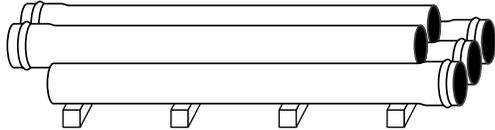
Para el mantenimiento correctivo; deben seguirse las recomendaciones señaladas en el presente manual. En caso de reparaciones de envergadura, se recomienda contactar al equipo técnico de TUBRICA a través de nuestra página web www.tubrica.com.

Comportamiento en Condiciones Extremas

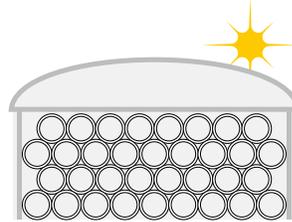
- El PVC no debe ser instalado, almacenado o sometido a una fuente de calor que pueda deformarlo, ya que es un material termoplástico que puede ser fundido mediante la aplicación de calor.
- La tubería para Acueducto no ha sido diseñada para transportar ningún tipo de fluido a altas temperaturas.
- No se deben aplicar solventes ni someter a la tubería al contacto con estos.
- Debe evitarse el contacto de la tubería con elementos punzantes, tales como herramientas metálicas o piedras angulosas mayores a 2" de diámetro. También debe evitarse lijar la tubería.
- Para instalaciones especiales, consultar con el departamento técnico de TUBRICA.

Almacenamiento

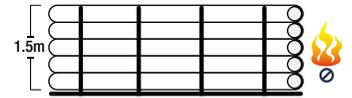
- Las campanas de las tuberías deben quedar suspendidas, lo cual obliga a colocar los primeros tubos sobre perfiles metálicos o de madera.
- Los tubos deben intercalarse, campana-espiga, espiga-campana, a fin de que las líneas siguientes queden adecuadamente apoyadas en el cuerpo y no en la campana.



- Los tubos deben almacenarse bajo techo, en un lugar fresco y ventilado.

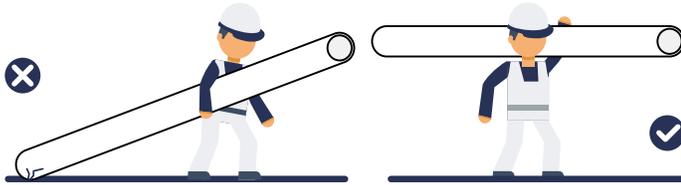


- La altura de los tubos apilados no debe superar el metro y medio (1.5m).
- No pueden almacenarse cerca de una fuente de calor, como un cuarto de máquinas.

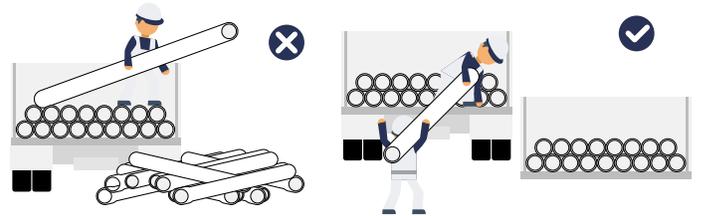


Manejo

- Los tubos deben cargarse siempre suspendidos, no deben ser arrastrados.



- Se deben colocar con cuidado en el sitio donde van a ser almacenados, no deben lanzarse.

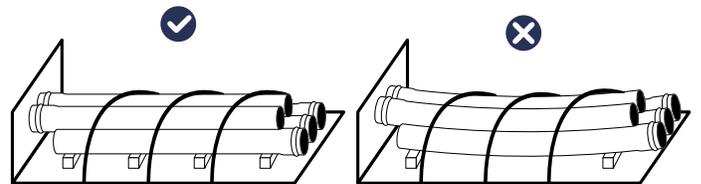


Transporte

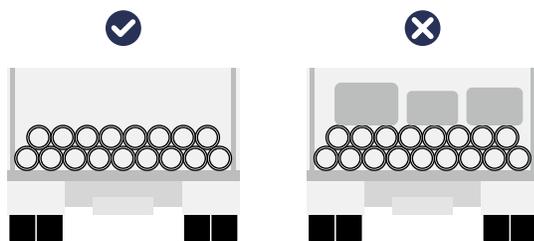
- El largo de la plataforma debe abarcar por completo la longitud del tubo.



- Las campanas deben quedar suspendidas durante el transporte, de modo que los tubos se apoyen en el cuerpo.
- Hay que tener cuidado con el amarre, si se aprieta en exceso pueden presentarse deformaciones.



- Si el camión no se llena por completo, arriba de la tubería solo se pueden colocar conexiones de PVC o cualquier otro producto liviano, que no vaya a ejercer peso sobre los tubos.





Sede Barquisimeto

*Calle A2, parcela 31, Zona Industrial II,
Barquisimeto. Lara-Venezuela*

Sucursal Gran Caracas

*Av. Chicago con Av. Milán Urb. La California
Sur. Gran Caracas-Venezuela*

www.tubrica.com



[@tubrica](https://www.instagram.com/tubrica)