NORMATIVA DE DUCTOS

EN PLANCHA METALICA PARA TRANSPORTE DE AIRE

Actualización: Octubre de 2015

(Prohibida la copia parcial o total de este documento, sin la autorización escrita de Ditar Chile A.G.)

DITAR Chile A.G.

Es la Asociación de profesionales del área, que desde 1993 promueve las buenas prácticas y un trabajo ético en el rubro de la: climatización, refrigeración, calefacción y ventilación.

Es reconocida y consultada por importantes organismos como: INN, Ministerio del Medio Ambiente, Cámara Chilena de la Construcción, Universidades, etc.

Forma parte de ASHRAE a través de AASA, siendo la única institución en Chile, reconocida por este organismo internacional.

Trabajamos en conjunto con organizaciones de toda Latinoamérica y entre sus asociados se encuentran destacados Ingenieros proyectistas, Instaladores, Consultores y Docentes.

Actualmente capacitamos en brechas laborales a los profesionales del área, en todo el país.

Ditar propende a la aplicación de la ciencia y tecnología del acondicionamiento del aire, la refrigeración, la calefacción y la ventilación, el uso racional de la energía y todo aquello relacionado con las especialidades de la ingeniería del ámbito térmico en la República de Chile. Y desde 2014 es una organización totalmente independiente y con personalidad jurídica.

Norma desarrollada por el Comité Técnico de Ditar Chile A.G., conformado por:

Sr. Julio Gormaz
Sr. Klaus Grote
Sr. Francisco Miralles

Agradecemos el apoyo brindado por INACAP, quien nos facilitó sus dependencias para el lanzamiento de esta Norma y realizó la impresión de los ejemplares para tal ocasión.

NORMA DITAR

DUCTOS EN PLANCHA METÁLICA PARA TRANSPORTE DE AIRE; FABRICACIÓN, MONTAJE y OTROS. Mayo de 2015.

1 Introducción

2 Objetivo

3 Campo de aplicación

4 Dimensiones y Fabricación de ductos
4.1 Símbolos, magnitudes y unidades
4.2 Dimensiones
4.3 Clasificación
4.4 Exigencias de estanqueidad
4.5 Espesores de chapa
4.6 Conductos rectangulares
4.7 Conductos circulares
4.8 Conductos ovales

5. Montaje de ductos
5.1 Símbolos, magnitudes y unidades
5.2 Soportes de conductos horizontales
5.3 Soportes de conductos verticales

6 Pruebas de recepción de conductos
6.1 Símbolos, magnitudes y unidades
6.2 Criterios y Generalidades
6.3 Preparación de las pruebas
6.4 Prueba preliminar
6.5 Prueba estructural
6.6 Prueba de estanqueidad

7 Aislamiento térmico de conductos
7.1 Criterio para revestimiento interior
7.2 Criterio para aislación exterior
7.3 Conductos
7.4 Aparatos
7.5 Barrera anti vapor
7.6 Protección exterior

8 Normas para consulta

1 INTRODUCCIÓN

La asociación gremial DITAR Chile A.G. publicó hace unos años una Norma sobre fabricación y montaje de Ductos, como caso excepcional. Este documento es una actualización a esa Norma original, para unificar criterios nacionales en la manufactura y montaje de las redes de conductos construidos en chapa metálica, uno de los componentes más importantes de los sistemas de distribución de aire en la edificación, a fin de garantizar el funcionamiento del sistema y evitar pérdidas de energía.

Se reconocen como válidas en forma alternativa otras normas sobre la materia aceptadas internacionalmente, como SMACNA y UNE.

De hecho la presente norma ocupa conceptos y material de las siguientes Normas:

UNE 100101: 1984	Conductos para transporte de aire. Dimensiones y tolerancias
UNE 100102: 1988	Conductos de chapa metálica - Espesores. Uniones. Refuerzos
UNE 100103: 1984	Conductos de chapa metálica - Soportes
UNE 100104: 1988	Conductos de chapa metálica - Pruebas de recepción
UNE 100171: 1989	Climatización - Aislamiento Térmico - Materiales y colocación
UNE 100172: 1989	Climatización - Revestimiento Termo acústico interior Conductos
SMACNA 2005 3rd Ed.	HVAC Duct Construction Standards

2 OBJETIVO

La presente norma tiene por objetivo establecer las condiciones mínimas para las dimensiones, tolerancias, construcción, montaje y prueba de sistemas de conductos rectangulares y circulares en chapa metálica para la circulación forzada del aire con presiones negativas hasta 750 Pa (75 mm c.a.) o positivas hasta 2500 Pa (250 mm c.a.).

3 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma es aplicable a los conductos de chapa metálica de los sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación destinados al bienestar de las personas en la edificación, en baja, media y alta presión, construidos con los siguientes materiales:

- chapa de acero sin recubrir;
- chapa de acero galvanizado;
- chapa de acero inoxidable;
- chapa de cobre y sus aleaciones;
- chapa de aluminio.

4 DIMENSIONES Y FABRICACIÓN de DUCTOS

4.1 SÍMBOLOS, MAGNITUDES Y UNIDADES

Símb.	Magnitud	Unidad	Fórmulas: General	Rectangular	Circular	Ovalado
a	lado mayor	m				
b	lado menor	m				
r	relación de lados	---		a/b	---	a/b
d	diámetro	m				
P	perímetro	m		2(a+b)	pi x d	pi x b+2(a-b)
S	área de la sección transversal	m2		a x b	pi/4 x d^2	pi/4 x b^2+b(a-b)
A	área de la superficie lateral	m2	LxP	L x 2(a+b)	Lx pi x d	L [pi x b+2(a-b)]
L	longitud	m				
dh	diámetro hidráulico	m	4S/P	2a x b/(a+b)	d	
de	diámetro equivalente	m		1,3(ab)^0,625 / (a+b)^0,25	d	
P	presión de diseño o trabajo	Pa				
UT	unión transversal	---				
UTR	unión transversal reforzada	---				

RT	refuerzo transversal	---
UL	unión longitudinal	---
B	conducto para baja presión	---
M	conducto para media presión	---
A	conducto para alta presión	---
E	módulo de elasticidad	N/mm2
I	momento de inercia	cm4

4.2 DIMENSIONES

4.2.1 Las dimensiones de conductos indicados en los planos deben siempre referirse a las dimensiones nominales interiores, diámetro ó lados a y b, según que el conducto sea circular, rectangular u oval respectivamente.

En caso de conductos rectangulares u ovales, cuando en el dibujo se ve sólo un lado, se debe indicar primero la dimensión del lado indicado en el plano seguido por la notación de multiplicado (x) y la dimensión del lado perpendicular (por ejemplo a x b). En una sección transversal de un conducto se marcarán los dos lados adyacentes separadamente o se usará la notación a x b, siendo la primera paralela a la línea de notación.

Las dimensiones en los planos se indicarán en milímetros o centímetros. En esta norma, excepto cuando se expresa de forma distinta, las dimensiones se suponen en metros.

4.2.2 Conductos circulares

Tabla I
Dimensiones normalizadas para conductos circulare

Diámetro nominal mm		Superficie área transversal m²	Superficie lateral m²/m
Normal	Intermedio		
80		5,03 10^{-3}	251 10^{-3}
	90	6,36 10^{-3}	283 10^{-3}
100		7,85 10^{-3}	314 10^{-3}
	112	9,85 10^{-3}	352 10^{-3}
125		12,3 10^{-3}	393 10^{-3}
	140	15,4 10^{-3}	440 10^{-3}
160		20,1 10^{-3}	503 10^{-3}
	180	25,4 10^{-3}	565 10^{-3}
200		31,4 10^{-3}	628 10^{-3}
	224	39,4 10^{-3}	704 10^{-3}
250		49,1 10^{-3}	785 10^{-3}
	280	61,6 10^{-3}	880 10^{-3}
315		77,9 10^{-3}	990 10^{-3}
	335	99,0 10^{-3}	1,12
400		126 10^{-3}	1,26
	450	159 10^{-3}	1,41

Diámetro nominal mm		Superficie área transversal m²	Superficie lateral m²/m
Normal	Intermedio		
500		196 10^{-3}	1,57
	560	246 10^{-3}	1,76
630		312 10^{-3}	1,98
	710	396 10^{-3}	2,23
800		503 10^{-3}	2,51
	900	636 10^{-3}	2,83
1000		785 10^{-3}	3,14
	1120	985 10^{-3}	3,52
1250		1,23	3,93
	1400	1,54	4,40
1600		2,01	5,03
	1800	2,54	5,65
2000		3,14	6,28

Tabla II
Tolerancias sobre diámetros de conductos circulares

Diámetro nominal (mm)	Tolerancia sobre el diámetro (mm)	
	Macho	Hembra
80	0,5	0,5
100	0,5	0,5
125	0,5	0,5
160	0,6	0,6
200	0,7	0,7
250	0,8	0,8
315	0,9	0,9
400	1,0	1,0
500	1,1	1,1
630	1,2	1,2
800	1,3	1,6
1000	1,4	2,0
1250	1,5	2,5
1600	1,8	3,2
2000	2,0	4,0

Tabla III
Dimensiones normalizadas para conductos rectangulares

Lado largo a (mm)	Lado corto b (mm)											
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	
200	0,020	0,030	0,040									S
	133	171	200									d_h
	149	186	218									d_e
	0,60	0,70	0,80									A
250	0,025	0,038	0,050	0,063								S
	143	188	222	250								d_h
	165	206	241	273								d_e
	0,70	0,80	0,90	1,00								A
300	0,030	0,045	0,060	0,075	0,090							S
	150	200	240	273	300							d_h
	180	224	262	296	327							d_e
	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20							A
400	0,040	0,060	0,080	0,10	0,12	0,16						S
	160	218	267	308	343	400						d_h
	205	255	299	337	373	436						d_e
	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60						A
500		0,075	0,10	0,15	0,20	0,25						S
		231	286	375	444	500						d_h
		283	331	413	483	545						d_e
		1,30	1,50	1,60	1,80	2,00						A
600		0,090	0,12	0,15	0,18	0,24	0,30	0,36				S
		240	300	353	400	480	545	600				d_h
		307	359	406	448	524	592	654				d_e
		1,50	1,60	1,70	1,80	2,00	2,200	2,40				A
800			0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,48	0,64			S
			320	381	436	533	615	686	800			d_h
			410	463	511	598	675	745	872			d_e
			2,00	2,10	2,20	2,40	2,60	2,80	3,20			A
1000				0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00		S
				400	462	571	667	750	889	1000		d_h
				512	566	662	747	825	965	1000		d_e
				2,50	2,60	2,80	3,00	3,20	3,60	4,00		A
1200					0,36	0,48	0,60	0,72	0,96	1,20	1,44	S
					480	600	706	800	960	1091	1200	d_h
					614	719	812	896	1049	1184	1308	d_e
					3,00	3,20	3,40	3,60	4,00	4,40	4,80	A
1400						0,56	0,70	0,84	1,12	1,40	1,68	S
						622	737	840	1018	1167	1292	d_h
						771	871	962	1125	1270	1403	d_e
						3,60	3,80	4,00	4,40	4,80	5,20	A
1600						0,64	0,80	0,96	1,28	1,60	1,92	S
						640	762	873	1067	1231	1371	d_h
						819	925	1022	1195	1350	1491	d_e
						4,00	4,20	4,40	4,80	5,20	5,60	A
1800							0,90	1,08	1,44	1,80	2,16	S
							783	900	1108	1286	1440	d_h
							976	1078	1261	1424	1573	d_e
							4,60	4,80	5,20	5,60	6,00	A
2000							1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	S
							800	923	1143	1333	1500	d_h
							1024	1131	1323	1494	1650	d_e
							5,00	5,20	5,60	6,00	6,40	A

S = Area de la sección transversal (metros cuadrados)
d_h = Diámetro hidraúlico (milímetros)
d_e = Diámetro equivalente (milimetros)
A = Area de la superficie lateral (metros cuadrados por metro)

4.2.3 Conductos rectangulares

Se asume como base el módulo M =100. De todos modos para dimensiones de conductos inferiores a 300 mm se introduce el escalón = 0,5M a fin de facilitar el paso de conductos en espacios singulares como, por ejemplo, un cielo falso.

Las dimensiones nominales de los conductos rectangulares varían de esta manera

200< a < 2 000 milímetros

100< b <1 200 milímetros

Con una relación de lados r < 4

Dimensiones superiores a las citadas anteriormente deberán preferiblemente estar basadas sobre múltiplo del módulo M, es decir de 100 en 100 milímetros.

En la Tabla III se indican todas las posibles combinaciones de lados y para cada una se da el área de la sección transversal, el diámetro hidráulico, el diámetro equivalente y el área de la superficie lateral por longitud unitaria.

Para conductos construidos con planchas, el área de la superficie lateral es igual a la tabla más cuatro veces el espesor de la plancha.

La tolerancia de la fabricación será la siguiente: Valor real = (dimensión nominal -2) +/- 2 milímetros

4.3 CLASIFICACIÓN

La resistencia estructural de un conducto y su estanquidad a las fugas de aire dependen principalmente de la presión del aire en el conducto.

El ruido, las vibraciones y las pérdidas por fricción dependen sobre todo, de la velocidad del aire en el conducto.

Los conductos de chapa se clasifican de acuerdo a la máxima presión en ejercicio del aire y a la máxima velocidad de la misma, según la **tabla 1**.

Tabla 1 Clasificación de Conductos

Clase de conductos	Presión máxima en ejercicio (Pa)	Velocidad máxima (m/s)	Notas
B.1 (baja) B. 2 (baja) B.3 (baja)	150(1) 250(1) 500(1)	10 12.5 12.5	(1) Presión positiva o negativa
M. 1 (media) M. 2 (media) M. 3 (media)	750(1) 1 000 (2) 1 500 (2)	20 (3) (3)	(2) Presión positiva (3) Velocidad usualmente superior a 10 m/s
A. 1 (alta)	2 500 (2)	(3)	

En todos los planos de distribución de conductos el paso de una clase a otra se marcará con el símbolo

En los dos triángulos deberá indicarse claramente la denominación de la clase.

Cuando exista la posibilidad de un cierre rápido de una compuerta (por ejemplo, para protección de incendios), el técnico deberá considerar la posibilidad de instalar un dispositivo para la descarga de la sobrepresión que se crearía o bien clasificar la red de conductos en base a la presión máxima presumible.

4.4 EXIGENCIAS DE ESTANQEUIDAD

Para la obtención de la estanquidad de los conductos es necesario sellar las uniones en la forma indicada a continuación:

- Clases B.1, B.2 y B.3: Sellar las uniones transversales;
- Clases M.1 y M.2: Sellar las uniones transversales y las uniones longitudinales;
- Clases M.3 y A.1: Sellar todos los elementos de unión transversal y longitudinal, las conexiones, las esquinas, los tornillos, etc.

4.5 ESPESORES DE CHAPA

En esta norma los espesores de chapa necesarios se indican entre paréntesis, para significar que son espesores nominales. En la **tabla 2** se dan, en función de dicho espesor nominal, los espesores reales y los pesos unitarios de las chapas de acero sin recubrir y galvanizados.

En la **tabla 3** se dan, siempre en función del espesor nominal, los espesores reales de las chapas de aluminio que se deben utilizar en esta norma en sustitución de las chapas de acero.

Los espesores equivalentes de las chapas de acero inoxidables serán iguales a las de acero y los espesores necesarios para las chapas de cobre y sus aleaciones serán iguales a las de aluminio.

Tabla 2 Denominación, espesor y masa de chapas de acero negro y galvanizado en caliente

Denominación (espesor nominal 1/10 de mm)	Sin recubrimiento		Galvanizada		Calibre ASTM *
	espesor mm	masa kg/m²	espesor mm	masa Kg/m²	No.
(4)	0,38	3,05	0,40	3,20	30
(5)	0,46	3,66	0,48	3,81	28
(6)	0,61	4,88	0,55	4,42	26
(7)	0,76	6,10	0,70	5,64	24
(8)	0,91	7,32	0,85	6,86	22
(10)	1,21	9,76	1,00	8,08	20
(12)	1,52	12,21	1,31	10,52	18
(15)	1,90	15,26	1,61	12,96	16
(20)			1,99	16,01	14

* Norma ASTM A924/924M-94 US Standard Equivalencia con kg/m2 nominales

Tabla 3 Espesores equivalentes y masas de chapas de aluminio

Denominación	Mínimo espesor equivalente Mm	Masa kg/m²
(4)	-	-
(5)	0,50	1,38
(6)	0,64	1,72
(7)	0,76	2,20
(8)	1,0	2,75
(10)	1,3	4,01
(12)	1,8	4,88
(15)	2,0	5,50
(20)	-	-

4.6 CONDUCTOS RECTANGULARES

4.6.1 Uniones longitudinales para conductos rectangulares

En la **figura 1** se indican los distintos tipos de uniones longitudinales para conductos rectangulares y también su posible posición, dependiendo del perímetro del conducto.

Las uniones UL-2 y UL-4 serán interiores cuando el conducto lleve refuerzos transversales.

Para los conductos de las clases M.1, M.2, M.3 y A.1 sólo podrán utilizarse las uniones longitudinales UL-1, UL-2 y UL-3 (véase **figura 1**).

4.6.2 Espesores de chapas y tipos de uniones y refuerzos transversales para conductos rectangulares

Los espesores nominales de chapas y los tipos y distancias de refuerzos transversales, incluidas las uniones transversales cuando éstas constituyen un refuerzo, están dados en función de la clase de conducto y de su dimensión máxima transversal y están basados en las siguientes limitaciones:

- la deflexión máxima permitida a los miembros de los refuerzos transversales no será nunca superior a 6 mm;
- las uniones transversales deben ser capaces de resistir una presión igual a 1,5 veces la máxima presión de trabajo que define la clase, sin deformarse permanentemente o ceder;
- la deflexión máxima permitida para las chapas de los conductos rectangulares es la siguiente:
  10 mm para conductos de hasta 300 mm de lado;
  12 mm para conductos de hasta 450 mm de lado;
  16 mm para conductos de hasta 600 mm de lado;
  20 mm para conductos de más de 600 mm de lado.

El elemento determinante de la rigidez de un refuerzo transversal es representado por el producto entre el módulo de elasticidad del material empleado y el momento de inercia de la sección del refuerzo considerado con respecto al eje baricéntrico paralelo al eje del conducto.

En la **tabla 4P** recomendada como de uso preferente, se dan los espesores mínimos de chapas sin refuerzos transversales y con refuerzos transversales a una distancia longitudinal de **1,2 m** .

En las **tablas 4, 5, 6 y 7** se dan, en función del momento de inercia antes definido, las dimensiones mínimas de las uniones transversales UT, de las uniones transversales con refuerzo UT.R y de los refuerzos transversales RT para elementos en acero, que definen las trece clases de refuerzo para conductos de forma rectangular. Se indica también el peso unitario aproximado.

Tabla 4 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares; UT/-R.1-2-4-5-8
Tabla 5 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares; UT/-R.12-13-14
Tabla 6 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares; UT/-R.9-10-11-15-16-17
Tabla 7 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares; RT.1-2-3-4-5

Las distintas uniones y refuerzos están representados gráficamente en las figuras **2**, **3** y **4** (UT, UT,R y TR respectivamente).

No se permite el uso de las uniones transversales UT.12, UT.12-R, R1, UT.12-R 2 y UT.14, para los conductos de las clases M.2, M.3 y A.1.

Otros tipos de uniones y refuerzos podrán diseñarse y podrán ser clasificados de acuerdo a su momento de inercia.

Para los refuerzos transversales podrán utilizarse también elementos de chapa de aluminio o perfiles de aluminio. En este caso, el refuerzo debe tener un momento de inercia tres veces superior al indicado en las tablas antes mencionadas para elementos de acero, debido a que el aluminio tiene un módulo de elasticidad (68 600 N/mm²) tres veces inferior al del acero (205 000 N/mm²).

La clase de rigidez XIII puede obtenerse usando la clase XI con tirantes de unión. La distancia máxima entre tirantes debe ser de 1,2 m. El diámetro del tirante será de 6 mm para conductos de hasta 900 mm de lado y de 10 mm para lados superiores.

En las **tablas 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14** se dan, para las siete clases de conductos antes definidas, en función del lado del conducto rectangular, los espesores mínimos de chapas sin refuerzos transversales y con refuerzos transversales a las distancias longitudinales máximas indicadas.

Tabla 8 Conductos rectangulares - Clase B.1
Tabla 9 Conductos rectangulares - Clase B.2
Tabla 10 Conductos rectangulares - Clase B.3
Tabla 11 Conductos rectangulares - Clase M.1
Tabla 12 Conductos rectangulares - Clase M.2
Tabla 13 Conductos rectangulares - Clase M.3
Tabla 14 Conductos rectangulares - Clase A.1

La primera cifra en números arábigos entre paréntesis, indica el espesor nominal de chapa de acero y la segunda en números romanos, indica la clase de refuerzo.

No existe combinación posible para los recuadros marcados con una cruz.

A título de ejemplo, consideramos la **tabla 8** para conductos rectangulares de la clase B.1.

Para un conducto cuyo lado sea de 550 mm se puede utilizar un espesor nominal de chapa de (8) (valor mínimo) sin refuerzos, o bien un espesor nominal de chapa de (5) (valor mínimo) con un refuerzo de la clase I (valor mínimo) a una distancia longitudinal entre refuerzos de 3 m (valor máximo).

Para conductos cuyo lado sea de 2 000 mm no se puede utilizar chapa sin refuerzos ni se pueden espaciar los refuerzos a más de 2,4 m, cualquiera que sea el espesor de chapa o la clase de refuerzo que se pretenden utilizar. En este caso, se puede utilizar un espesor de chapa de (15) con un refuerzo de la clase VIII

a 2,4 m de distancia, o un espesor de chapa de (8) con un refuerzo de la clase VIII a 1,5 m, o un espesor de chapa de (7) con un refuerzo de la clase VIII a 1,2 m de distancia.

Evidentemente, los mismos refuerzos pueden espaciarse a distancias inferiores, con los mismos espesores de chapa, o bien puede utilizarse la misma combinación espesor de chapa, clase de refuerzos a la misma distancia para lados de dimensiones inferiores, aunque no sea económicamente conveniente.

El espaciamiento longitudinal entre refuerzos transversales puede ser distinto en los dos lados de un conducto; si se desea hacerlo igual, se adoptará la distancia mandada por el lado mayor.

Sin embargo, el espesor de la chapa será siempre igual en los dos lados de un conducto e igual al espesor requerido por el lado mayor.

El matrizado a punta de diamante o con ondulación transversal se prescribe para conductos con un lado mayor o igual a 500 mm, a menos que no tengan un aislamiento interior o exterior, de tipo rígido, sólidamente anclado a las chapas del conducto (véase **figura 5**).

El matrizado a punta de diamante o con ondulación transversal no afecta a los requerimientos de refuerzos transversales y, por lo tanto, no puede considerarse sustitutivo de los refuerzos.

Se recomienda que los conductos con presión negativa no tengan matrizado; si lo tienen, la deflexión debe estar hacia el interior.

Los refuerzos hechos por medio de chapas de espesor nominal igual o inferior a 1,5 mm, deberán ser galvanizados; los refuerzos hechos por medio de perfiles normalizados de espesor superior al citado anteriormente podrán ser de acero negro.

Tabla 4P Conductos Rectangulares. Diversas Clases de Presión. Construcción Preferente.

1,2 m	CLASE																	
entre Uniones	B1			B2			B3			M1			M2			M3		
	+ - 125 Pa			+ - 250 Pa			+ - 500 Pa			+ - 750 Pa			+ 1000 Pa			+ 1500 Pa		
Lado Mayor	Espesor	Unión	Refzo	Espesor	Unión	Refzo	Espesor	Unión	Refzo	Espesor	Unión	Refzo	Espesor	Unión	Refzo	Espesor	Unión	Refzo
Dimensión mm	nomin	Transv	interm	nomin	Transv	interm	nomin	Transv	interm	nomin	Transv	interm	nomin	Transv	interm	nomin	Transv	interm
≤ 200	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
201 a 250	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
251 a 300	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(5)	Balleta/S	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
301 a 350	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
351 a 400	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
401 a 450	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
451 a 500	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
501 a 550	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
551 a 600	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
601 a 650	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin
651 a 700	(5)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(10)	TDC	Sin
701 a 750	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(10)	TDC	Sin
751 a 900	(6)	TDC	Sin	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(10)	TDC	Sin	(10)	TDC	*Z40x1,5
901 a 1000	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Z50x1	(10)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	*Z40x1,5
1001 a 1200	(6)	TDC	Sin	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Z50x1	(8)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	*Z50x2,5
1201 a 1300	(6)	TDC	Z25x1	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	*Z40x3	(10)	TDC	*Z50x2,5
1301 a 1500	(6)	TDC	Z25x1,5	(8)	TDC	Sin	(8)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	*Z40x3	(10)	TDC	*Z50x2,5
1501 a 1800	(8)	TDC	Z50x1	(8)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	*Z40x3	(10)	TDC	*Z50x2,5	(10)	TDC	*Z50x2,5	(15)	TDC	*Z50x3
1801 a 2000	(8)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	*Z50x2,5	(10)	TDC	*Z50x2,5	(15)	TDC	*Z50x2,5	(15)	TDC	*Z75x2,5
2001 a 2400	(10)	TDC	Z40x1,5	(10)	TDC	*Z40x3	(10)	TDC	*Z50x2,5	(10)	TDC	*Z50x2,5	(15)	TDC	*Z50x3	(15)	TDC	*Z75x3
≥ 2401	(15)	TDC	Z40x1,5	(15)	TDC	*Z50x2,5	(15)	TDC	*Z50x3	(15)	TDC	*Z75x2,5	(15)	TDC	*Z75x3	(15)	TDC	*Z75x3

Notas: * con Tirante interno en Unión.

Perfil Z ó equival. C => 25x1=> altura 25mm x ala 20mm x espesor 1mm . 25x1,5=> altura 25mm x ala 20mm x espesor 1,5mm .
40x1,5=> altura 40mm x ala 20mm x espesor 1,5mm 40x3=> altura 40mm x ala 20mm x espesor 3mm .
50x1=> altura 50mm x ala 30mm x espesor 1mm . 50x2,5=> altura 50mm x ala 30mm x espesor 2,5mm . 50x3=> altura 50mm x ala 30mm x espesor 3mm .
75x2,5=> altura 75mm x ala 30mm x espesor 2,5mm 75x3=> altura 75mm x ala 30mm x espesor 3mm .

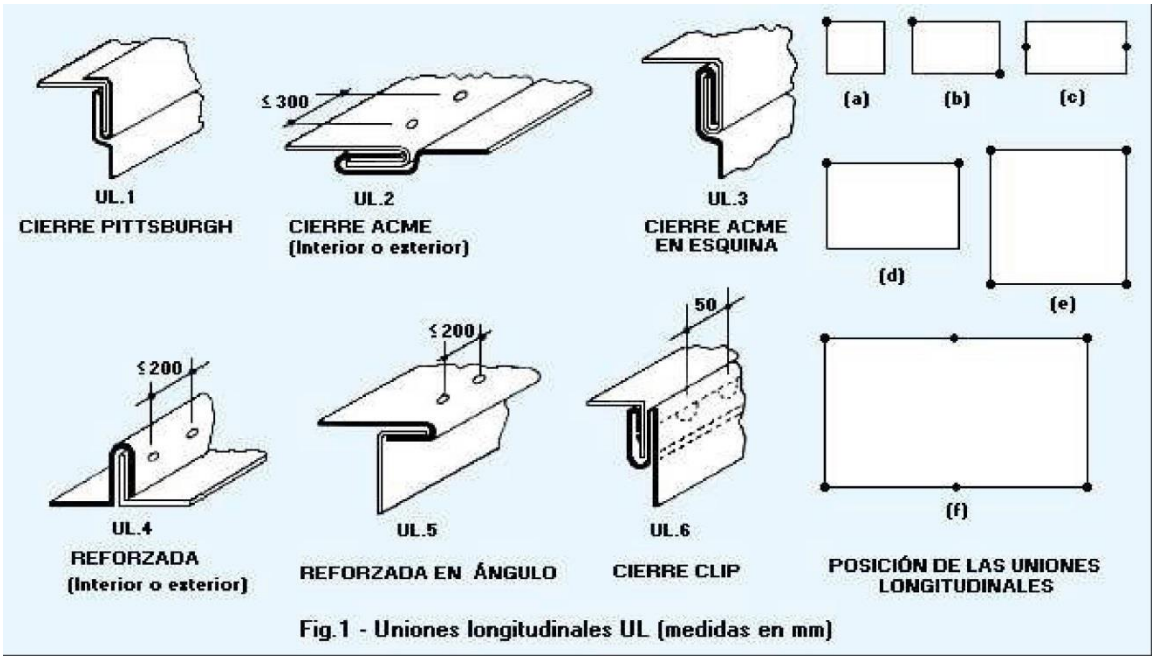
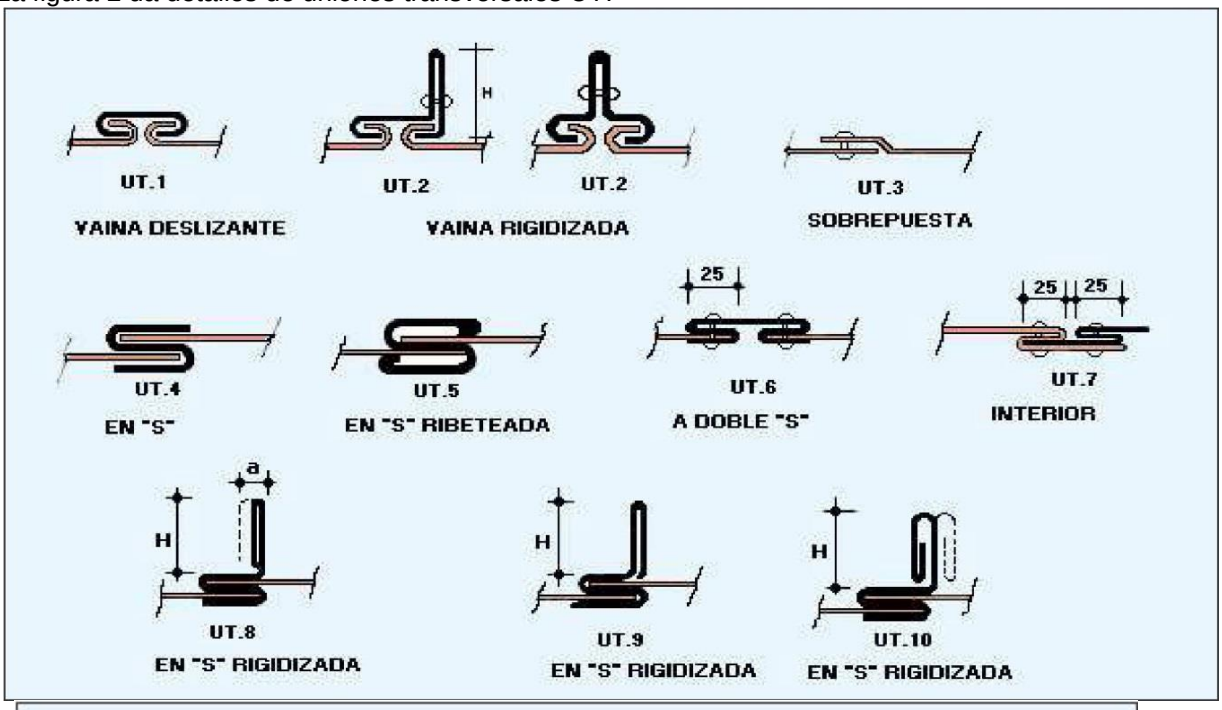


Fig.1 - Uniones longitudinales UL (medidas en mm)

La figura 2 da detalles de uniones transversales UT.



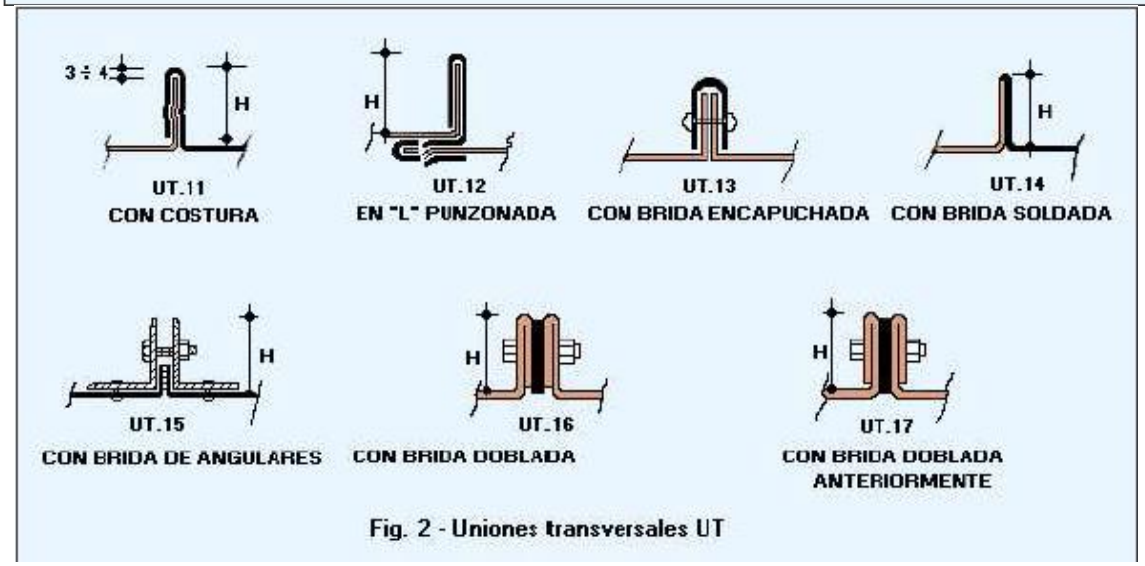


Fig. 2 - Uniones transversales UT

T-25a

T-25b

TDC

La figura 3 da detalles de uniones transversales UT R.

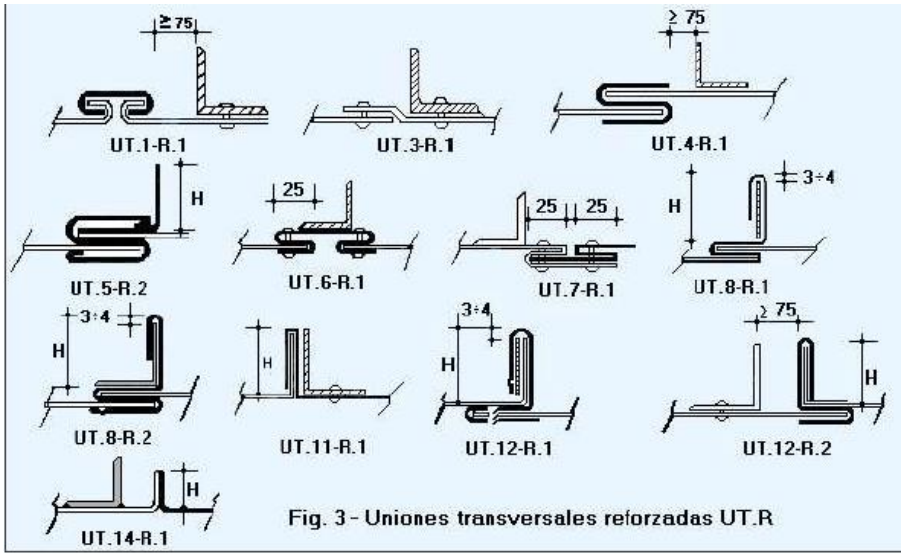


Fig. 3 - Uniones transversales reforzadas UT.R

Las figuras 4 y 5 dan detalles de refuerzos transversales intermedios y de matrizados.

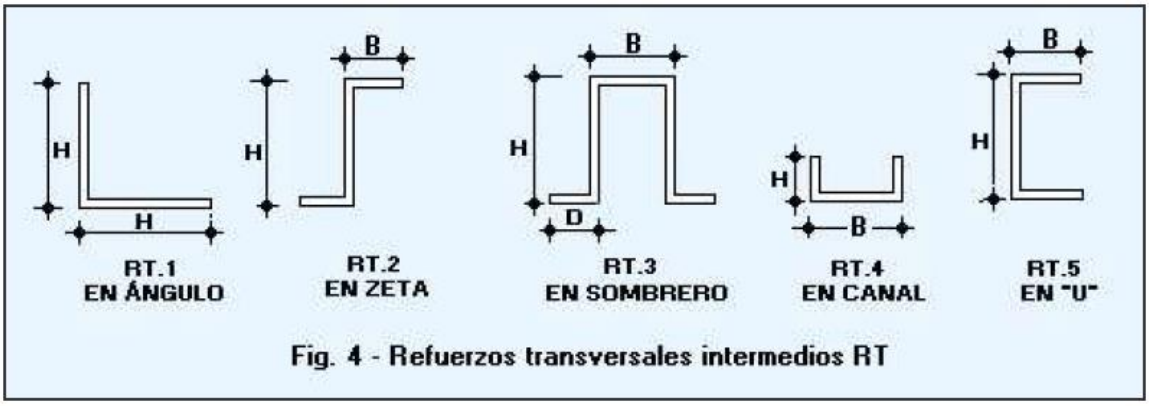
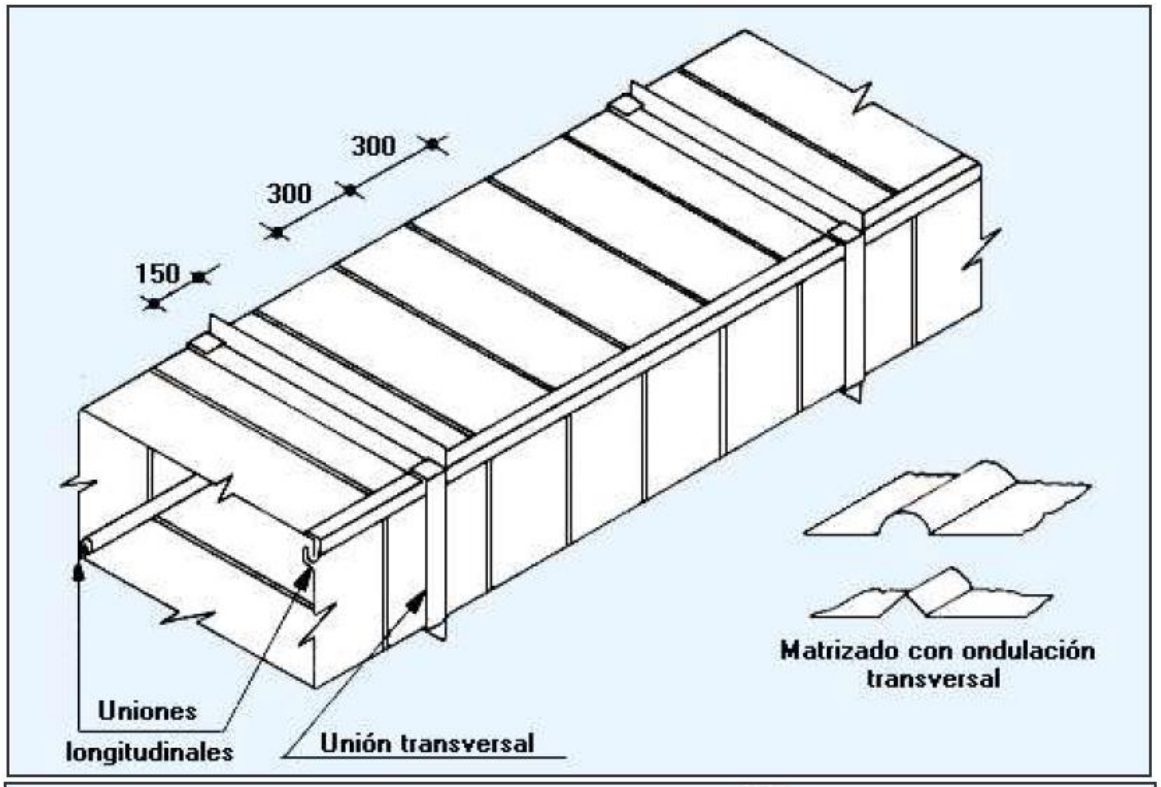


Fig. 4 - Refuerzos transversales intermedios RT



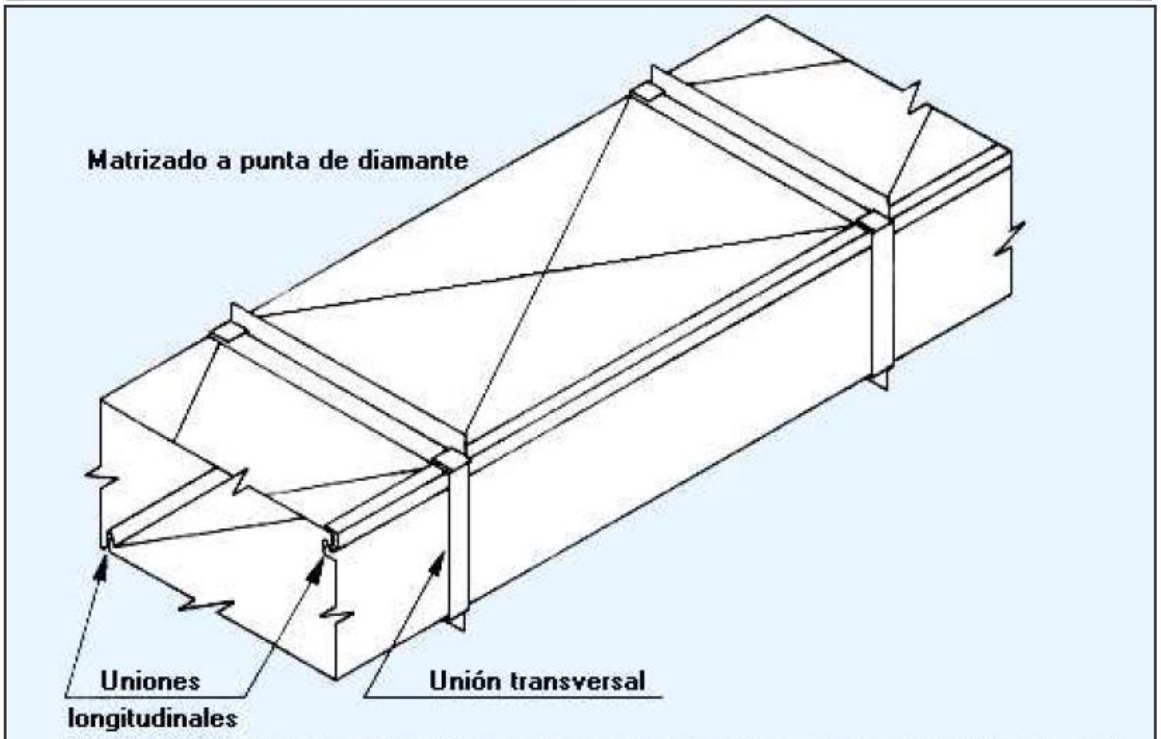


Fig. 5 - Matrizado a punta de diamante y con ondulación transversal (medidas en mm)

Tabla 4 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares; UT/-R.1-2-4-5-8

Tabla 4 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares

Clase de refuerzo	Momento de inercia cm4 1)	UT.2		UT.1-R.1. UT.Í-R.1 UT.4-R.1. UT.5-R.1 UT.(-R.1. Uf.T-R-1		UT.5-R.2		UT.8		UT.8 - R.1		UT.8 - R.2	
		H x (e)	Kg/m	L	Kg/m	Hi(e)	Kg/m	Hx(e)	Kg/m	Hi x(e)*|	Kg/m	H x (e)* |	kglm
I	0.07	25 x (6)	0.7	-	-	20 i (12)	0.45	-	-	-	-	-	-
II	0.14	30 x (6)	0.8	-	-	25 i (12)	0.50	-	-	-	-	-	-
III	0.35	30 x (8)	1.2	20 x 3	0.9	30 x (12)	0.55	25 x (6)	0.9	-	-	-	-
IV	0.70	-	-	25 x 3	1.1	30 x (15)	0.65	25 x (7)	1.1	-	-	-	-
V	1.40	-	-	30 x 3	1.4	40 x (15)	0.80	30 x (10)**	1.4	-	-	-	-
VI	2.1	-	-	35 x 3 2(30 x 3)*	1.6 2.7	-	-	40 x (8)**	1.5	40x(7)* 40 x 3	2.3	-	-
VII	3.5	-	-	40 x 4 2(30 x 4]*	2.4 3.6	-	-	40 x (12)**	2.3	40x(8)* 40 x 3	2.5	-	-
VIII	7.0	-	-	45 x 5 2(40 x 4]*	3.4 4.8	-	-	-	-	-	-	40 x (10)* 40 x 5	4.7
IX	10.5	-	-	50 x 5 2(40 x 5)*	3.8 5.9	-	-	-	-	-	-	50 x (10)* 50 x 4	4.9
X	14	-	-	60 x 5 2(45 x 5)*	4.6 6.7	-	-	-	-	-	-	50 x (10)* 50 x 5	5.7
XI	21	-	-	6 0 x 6 2(50 x 5)*	5.4 7.5	-	-	-	-	-	-	-	-
XII	28	-	-	60 x	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-
XIII	42	-	-	2 (60 x 6)*	10.8	-	-	-	-	-	-	-	-

1) Momento de inercia mínimo con respecto al eje paralelo al eje del conducto
* Dos perfiles en lados opuestos de la unión
** a = 5mm

Tabla 5 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares; UT/-R.12-13-14

Tabla 5 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares

Clase de refuer-zo	Momento de inercia crn* 1)	UT.12		UT.12-R.1		UT.12-R.2		UT.13		UT.14		UT.14-R.1	
		HX(e)	Kg/m	H X(e)*1	kg/m	H X (e) * L	Kg/m	HX(e)X(e_u)*	Kg/m	H X (e)	Kg/m	H X (e)*L	kgfm
I	0.07	-	-	-	-	-	-			15X(8)	0.15	-	-
II	0.14	-	-	-	-	-	-	20X(6)X(7)	0.60	20X(8)	0.30	-	-
III	0.35	25 x (6)	0.90	-	-	-	-	20X(7)X(7)	0.80	25X(8) 20X(12)	0.40 0.45	-	-
IV	0.70	25 x (7)	1.1	-	-	-	-	20X(8)X(8)	0.90	35X(8) 25X(12)	0.45 0.60	-	-
V	1.4	-	-	25X8* 25X3	1.7	-	-	40X(7)X(8)	1.2	40X(8) 25X(12)	0.50 0.80	25X(12)* 25tX(15)	1.5
VI	2.1	40X(8)	1.5	-	-	-	-	40X(10)X[10]	1.5	40X(10) 35X(12)	0.60 0.90	35X(10)* 35X(15)	3.1
VII	3.5	-	-	40X8* 40X3	2.5	-	-	40X(12)X(10)	2.3	-	-	40X(10)* 40X4	3.7
VIII	7.0	-	-	-	-	40X(10)* 40X5	4.8	40X(15)X(10)	2.3	-	-	40X(12)* 40X5	4.2
IX	10.5	-	-	-	-	40X(10)* 45X5	6.1	-	-	-	-	40X(12)* 40X5	4.3
X	14	-	-	-	-	40X(10)* 50X5	6.5	-	-	-	-	40X(15)* 50X5	5.0
XI	21	-	-	-	-	40X(10)* 60X5	7.3	-	-	-	-	40X(15)* 50X6	5.7
XII	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40X(15)* 60X5	5.8
XIII	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1) Momento de inercia mínimo con respecto al eje paralelo al eje del conducto
* El segundo espesor representa el del sombrero.

Tabla 6 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares; UT/-R.9-10-11-15-16-17

Tabla 6
Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares

Clase de refuerzo	Momento de inercia cm 4 1)	UT.9		UT.10		UT.11		UT.11-R.1		UT.15		UT.16 UT.17	
		H X (e)	kg/m	H X (e)	kg/m	H X (e)	kg/m	H X (e)+L	kg/m	2 L	kg/m	H X (e)	kg/m
I	0,07	15X(6)	0,07	-	-	15X(7)	0,30	-	-	-	-	-	-
II	0,14	15X(8)	1,1	-	-	20X(7)	0,50	-	-	-	-	-	-
III	0,35	25X(6)	0,90	-	-	25X(7)	0,60	-	-	-	-	25X(7)	0,80
IV	0,70	25X(7)	1,1	30X(6)	1,2	25X(10)	0,80	25X(6)+ 25X(15)	1,5	2X(20X3)	1,8	25X(8)	0,90
V	1,4	-	-	30X(12)	2,2	40X(7)	1,0	25X(8)+ 25X3	2,2	2X(25X3)	2,3	25X(15) 40X(7)	1,5 1,5
VI	2,1	-	-	40X(7)	1,6	40X(10)	1,4	40X(7)+ 40X(15)	2,7	2X(30X3)	2,7	40X(8)	1,7
VII	3,5	-	-	40X(12)	2,7	40X(12)	1,7	40X(8)+ 35X4	3,3	2X(30X4)	3,6	40X(12)	2,4
VIII	7,0	-	-	-	-	-	-	40X(8)+ 40X5	4,1	2X(40X4)	4,9	50X(12)	3
IX	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2X(30X5)	6,0	50X(15)	3,8
X	14	-	-	-	-	-	-	-	-	2X(45X5)	6,8	-	-
XI	21	-	-	-	-	-	-	-	-	2X(50X5)	7,6	-	-
XII	28	-	-	-	-	-	-	-	-	2X(60X5)	9,2	-	-
XIII	42	-	-	-	-	-	-	-	-	2X(60X6)	10,9	-	-

1) Momento de inercia mínimo con respecto al eje paralelo al eje del conducto

Tabla7 Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares

Tabla 7
Tipo de refuerzos transversales para conductos rectangulares

Clase de refuerzo	Momentos de inercia cm^4 1)	RT.1		RT.2 RT.5		RT.3		RT.4	
		H X (e)	kg/m	HXBX(e)	kg/m	HXBXDX(e)	kg/m	HXBX(e)	kg/m
I	0,07	20X(8)	0,26	-	-	-	-	-	-
II	0,14	20X(10)	0,32	20X15X(10)	0,45	-	-	-	-
III	0,35	25X(10) 20X3	0,43 0,88	20X15X(12)	0,53	-	-	20X75(12)	1,2
IV	0,70	30X(10) 25X3	0,53 1,10	20X20X(10)	0,53	-	-	20X75(12)	1,3
V	1,4	30X3	1,40	40X20X(10)	0,65	-	-	30X75(15)	1,8
VI	2,1	35X3	1,60	40X20X(12)	0,85	40X20X15X(10)	1,2	35X80(15)	2,0
VII	3,5	40X4	2,40	50X30X(10)	0,90	40X20X15X(15)	1,8	-	-
VIII	7,0	45X5	3,40	50X30X(15)	1,50	50X25X20X(12)	1,8	-	-
IX	10,5	50X5	3,80	65X30X(15)	1,70	65X50X20X(15)	2,9	-	-
X	14	60X5	4,60	75X30X(15)	1,80	70X50X20X(15)	3,0	-	-
XI	21	60X6	5,40	-	-	75X40X20X(15)	3,1	-	-
XII	28	60X8	7,10	-	-	-	-	-	-
XIII	42	-	-	-	-	-	-	-	-

1) Momento de inercia mínimo con respecto al eje paralelo al eje del conducto

Tabla 8 - Conductos rectangulares - Clase B.1

Dimensión del conducto mm	Espesor Nominal de chapa sin refuerzos transversales	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1 ,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
<200	(4)	-	-	-	-	-	-	-	-
201 a 250	(5)	-	-	-	-	-	-	-	-
251 a 300	(5)	-	-	-	-	-	-	-	-
301 a 350	(5)	-	-	-	-	-	-	-	-
351 a 400	(6)	(5) – I	-	-	-	-	-	-	-
401 a 450	(6)	(5) – I	-	-	-	-	-	-	-
451 a 500	(7)	(5) – I	-	-	-	-	-	-	-
501 a 550	(8)	(5) – I	-	-	-	-	-	-	-
551 a 600	(8)	(5) – I	-	-	-	-	-	-	-
601 a 650	(10)	(6) – I	(5) - I	-		-	-	-	-
651 a 700	(12)	(7) – II	(5) - II		-	-	-	-	-
701 a 750	(12)	(7) – II	(5) - II	-	-	-	-	-	-
751 a 900	(15)	(8) – III	(7) - III	(7) – III		-	-	-	-
901 a 1000		(10)-IV	(7) - IV	(6) – IV	(5)-III	-	-	-	-
1001 a 1200		(10)-V	(8) - IV	(6) – IV	(5) - IV	-	-	-	-
1201 a 1300		(12) – V	(10) - V	(6) – IV	(5) - IV	-	-	-	-
1301 a 1500		(12) – VI	(10) - VI	(7) – V	(6) - V	-	-	-	-
1501 a 1800		(15) – VII	(12) - VII	(8) – VI	(7) - VI	-	-	-	-
1801 a 2000			(15)-VIII	(8)-VIII	(7) - VII	-	-	-	-
2 001 a 2 400			(15) - IX	(10) – VIII	(8) - VIII	-	-	-	-

Tabla 9 - Conductos rectangulares - Clase B.2

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal de chapa sin refuerzos	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
< 200	(5)	-	-	-	-	-	-	-	-
201 a 250	(5)	-	-	-	-	-	-	-	-
251 a 300	(5)	-	-	-	-	-	-	-	-
301 a 350	(7)	(6) - I	(5) - I	-	-	-	-	-	-
351 a 400	(8)	(7) - I	(5) - I	-	-	-	-	-	-
401 a 450	(8)	(7) - I	(5) - I	-	-	-	-	-	-
451 a 500	(10)	(7) - I	(5) - I	-	-	-	-	-	-
501 a 550	(12)	(7) - I	(7) - I	(5) - I	-	-	-	-	-
551 a 600	(12)	(7) - II	(7) - II	(5) - I	-	-	-	-	-
601 a 650	(12)	(8) - II	(7) - II	(5) - I		-	-	-	-
651 a 700	(15)	(8) - III	(7) – III	(5) - II	-	-	-	-	-
701 a 750	(15)	(8) - III	(7) – III	(5) - II	-	-	-	-	-
751 a 900		(10)-IV	(8) - IV	(6)-III	(5)-III	-	-	-	-
901 a 1000		(1 2) - V	(10) - IV	(7)- IV	(6) - IV	-	-	-	-
1001 a 1200		(15) - VI	(12) - V	(7) - V	(6) - IV	-	-	-	-
1201 a 1300		(15) - VII	(12) - VI	(8) - V	(7) - V	-	-	-	-
1301 a 1500			(12) - VII	(8) - VI	(7) - VI	-	-	-	-
1501 a 1800				(12) - VIII	(8) - VII	-	-	-	-
1801 a 2000				(12) - IX	(10) - VIII	-	-	-	-
2 001 a 2 400				(15) - X	(12) - IX	(10) - IX	-	-	-
> 2401							(1 2) - X	-	-

Tabla 10 - Conductos rectangulares - Clase B.3

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal d e chapa sin refuerzos	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1 ,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
< 200	(5)	-	-	-	-	-	-	-	-
201 a 250	(6)	(5) - I	(5) - I	-	-	-	-	-	-
251 a 300	(7)	(6) - I	(6) - I	(5) - I	-	-	-	-	-
301 a 350	(8)	(7) - I	(7) - I	(5) - I	-	-	-	-	-
351 a 400	(10)	(8) - I	(7) - I	(5) - I	-	-	-	-	-
401 a 450	(10)	(8) - I	(7) - I	(5) - I	-	-	-	-	-
451 a 500	(12)	(10) - II	(8) - II	(6) - I	(5) - I	-	-	-	-
501 a 550	(15)	(10) - II	(8) - II	(6) - I	(5) - I	-	-	-	-
551 a 600	(15)	(10)-III	(8) - III	(6) - II	(5) - II	-	-	-	-
601 a 650		(10)-III	(8) - III	(6) - II	(5) - II	-	-	-	-
651 a 700		(12) - III	(10) - III	(7) - III	(6) - III	-	-	-	-
701 a 750		(12) - IV	(10) - IV	(7) - III	(6) - III	-	-	-	-
751 a 900		(1 5) - V	(12) - V	(8)- IV	(7)- IV	-	-	-	-
901 a 1000			(15) - V	(8) - V	(7) - V	-	-	-	-
1001 a 1200			(15) - VII	(10) - VI	(8) - V	(7) - V	-	-	-
1201 a 1300				(12) - VII	(10) - VI	(7) - VI	-	-	-
1301 a 1500				(12) - VIII	(10) - VII	(8) - VII	-	-	-
1501 a 1800				(15) - IX	(12) - VIII	(8) - VIII	-	-	
1801 a 2000					(12) - X	(10) - IX		-	-
2 001 a 2 400					(15) - XI	(12) - XI	(10) - X	-	-
> 2401							(12) - XI	-	-

Tabla 11 - Conductos rectangulares - Clase M.1

Dimensión del conducto	Espesor nominal d e	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
< 200	(7)	-	-	-	-	-	-	-	-
201 a 250	(7)	-	-	-	-	-	-	-	-
251 a 300	(8)	-	(7) - I	-	-	-	-	-	-
301 a 350	(10)	-	(8) - I	(7) - I	-	-	-	-	-
351 a 400	(12)	-	(8) - I	(7) - I	-	-	-	-	-
401 a 450	(12)	-	(8) - I	(7) - I	-	-	-	-	-
451 a 500	(15)	(12) - II	(10) - II	(7) - II	-	-	-	-	-
501 a 550	(15)	(12) - III	(10) - II	(7) - II	-	-	-	-	-
551 a 600	(15)	(12) - III	-	(7) - III	-	-	-	-	-
601 a 650		(12) - IV	-	(8) - III	-	-	-	-	-
651 a 700		(12) - IV	-	(8) - III	(7) - III	-	-	-	-
701 a 750		(15) - IV	(12) - IV	(10) - V	(7) - III	-	-	-	-
751 a 900			(15) - V	(10) – V	(7) - IV	-	-	-	-
901 a 1000				(12) - VII	(8) - V	(7) - V	-	-	-
1001 a 1200				(12)-VIII	(10) - VI	(8) - V	(7)-V	-	-
1201 a 1300				(12)-VIII	-	(8)-VII	(7)-V	-	-
1301 a 1500					(12) - VIII	(10) - VII	(7) - VII	-	-
1501 a 1800					(15) - IX	(10) - VIII	(8) - VIII	(7) – VIII	
1801 a 2000						(12) - X	(10) - X	(8) – IX	-
2 001 a 2 400						(15) - XII	(12) - XI	(10) – X	-
>2401							(12) - VIII*	-	-

Más tirantes a una distancia máxima de 1,2 m, de 6 mm de diámetro para distancias hasta 0,9 m y de 10 mm de diámetro para distancias superiores

Tabla 12 - Conductos rectangulares - Clase M.2

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal de chapa sin refuerzos transversales	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
< 200	(7)	-	-	-	-	-	-	-	-
201 a 250	(8)	-	-	(7) – I	-	-	-	-	-
251 a 300	(10)	(8) - I	-	(7) – I	-	-	-	-	-
301 a 350	(12)	(10) - I	(8) - I	(7) – I	-	-	-	-	-
351 a 400	(12)	(10) - I	-	(7) – I	-	-	-	-	-
401 a 450	(15)	(12) - II	(10) - II	(7) – I	-	-	-	-	-
451 a 500		(12) - III	(10) - III	(7) – II	-	-	-	-	-
501 a 550		(12) - III	-	(8) – II	(7) - II	-	-	-	-
551 a 600		(12) - IV	-	(8) – III	(7) - III	-	-	-	-
601 a 650		(12) - IV	-	(8) – III	(7) - III	-	-	-	-
651 a 700		(1 5) - V	(12) - V	(8) – IV	(7) - IV	-	-	-	-

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal de chapa sin refuerzos transversales	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
701 a 750		(1 5) - V	(12) - V	(8) – IV	(7) - IV	-	-	-	-
751 a 900				(10) – V	(8) - V	(7) - IV	-	-	-
901 a 1000				(12) - VI	(10) - VI	(8) - IV	(7) - V	-	-
1001 a 1200				(12)- V I I	-	(8) - VI	-	(7)-V	-
1201 a 1300				(15) - VIII	(12) - VIII	(10) - VII	(8) - VII	(7) – VI	-
1301 a 1500				(15) – IX	-	(10) - VIII	(8) - VIII	(7) – VII	-
1501 a 1800						(12)- I X	(10)-IX	(8)-VIII	(7)-VIII
1801 a 2000						(15) - XI	(12) - X	(10) – X	(8) – IX
2 001 a 2 400							(15) - XII	(10) – XI	(8) – XII
>2401							(12) - VIII*	-	-

* Más tirantes a una distancia máxima de 1,2 m, de 6 mm de diámetro para distancias hasta 0,9 m y de 10 mm de diámetro para distancias superiores.

Tabla 13 - Conductos rectangulares - Clase M.3

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal d e chapa sin refuerzos transversales	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1 ,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
< 200	(7)	-	-	-	-	-	-	-	-
201 a 250	(10)	-	-	(7) – I	-	-	-	-	-
251 a 300	(12)	(10) - I	-	(7) – I	-	-	-	-	-
301 a 350	(12)	-	(10) - I	(8) – I	(7) - I	-	-	-	-
351 a 400	(15)	(12) - II	-	(8) – I	(7) - I	-	-	-	-
401 a 450		(12) - III	-	(8) – II	(7) - II	-	-	-	-
451 a 500		(15) - III	(12) - III	(8) – II	(7) - II	-	-	-	-
501 a 550		(15) - IV	(12) - III	(8) – III	(7) - III	-	-	-	-
551 a 600		(15) - IV	(12) - IV	(8) – III	-	(7) - III	-	-	-
601 a 650			(15) - IV	(10) – IV	(8) - III	(7) - III	-	-	-
651 a 700			(1 5) - V	(10) – IV	(8) - IV	(7) - III	-	-	-

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal d e chapa sin refuerzos transversales	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1 ,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
701 a 750				(12) – IV	(8) - IV	(7)- IV	-	-	-
751 a 900				(1 2) – V	(10) - V	(8) - V	(7) - V	-	-
901 a 1000				(15) - VI	(12) - VII	(10) - VI	(8) - V	-	-
1001 a 1200					(12) - VIII	-	(8) - VII	-	-
1201 a 1300					(15) - VIII	(12) - VIII	(10) - VIII	(8) – VII	-
1301 a 1500						(12) - VIII	(10) - VIII	(8) – VIII	-
1501 a 1800						(15) - X	(1 2) - X	(10) – IX	(8) – VIII
1801 a 2000							(15) - XII	(12) – XI	(8) – X
2 001 a 2 400								(12) – XII	(10) – XII
> 2401								(12) - VIII*	-

* Más tirantes a una distancia máxima de 1,2 m, de 6 mm de diámetro para distancias hasta 0,9 m y de 10 mm de diámetro para distancias superiores.

Tabla 14 - Conductos rectangulares - Clase A.1

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal d e chapa sin refuerzos transversales	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1 ,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
< 200	(8)		-	(7) – I	-	-	-	-	-
201 a 250	(12)		-	(8) – I	(7) - I	-	-	-	-
251 a 300	(15)		(2) - I	(8) – I	(7) - I	-	-	-	-
301 a 350			(12) - II	(10) – I	(8) - I	(7) - I	-	-	-
351 a 400			(15) - II	(10) – II	(8) - II	(7) - I	-	-	-
401 a 450			(15) - III	(10) – III	(8) - II	(7) - II	-	-	-
451 a 500			(15) - IV	(12) – III	(10) - III	(7) - II	-	-	-
501 a 550				(12) – III	(10) - III	(7) - III	-	-	-
551 a 600				(12) – IV	(10) - IV	(7) - III	-	-	-
601 a 650				(12) – IV	(10) - IV	(8) - IV	(7) - III	-	-
651 a 700				(12)-V	(10)- I V	(8) - IV	(7)- IV	-	-

Dimensión del conducto mm	Espesor nominal d e chapa sin refuerzos transversales	Espesor nominal de chapa y tipo de refuerzo transversal a las distancias longitudinales (en metros) de:							
		3,0	2,4	1 ,5	1 ,2	0,90	0,75	0,60	0,50
701 a 750				(1 5) – V	(12) - V	(8) - IV	(7)- IV	-	-
751 a 900				(15) – VI	(12) - VI	(10) - VI	(8) - V	(7) – V	-
901 a 1000					(15) - VIII	(12) - VII	(10) - VII	(8) – VI	-
1001 a 1200						(15) - VIII	(12) - VIII	(8) – VII	-
1201 a 1300						(15) - IX	(12) - VIII	(10) – VIII	(8) – VIII
1301 a 1500						(1 5) - X	(1 2) - IX	(1 0) – IX	(8)-VIII
1501 a 1800							(15) - XI	(12) – XI	(10) – X
1801 a 2000								(15) – XII	(12) – XII
2 001 a 2 400								-	(12) – XIII
> 2401								(15) - VII I*	-

* Más tirantes a una distancia máxima de 1,2 m, de 6 mm de diámetro para distancias hasta 0,9 m y de 10 mm de diámetro para distancias superiores.

4.6.3 Detalles para conductos rectangulares

Las figuras 6 a 21 incluidas dan algunos detalles de uniones transversales, con o sin refuerzo, puertas y paneles de acceso, conexiones, baterías en conductos, cambios de sección, álabes, derivaciones y curvas.

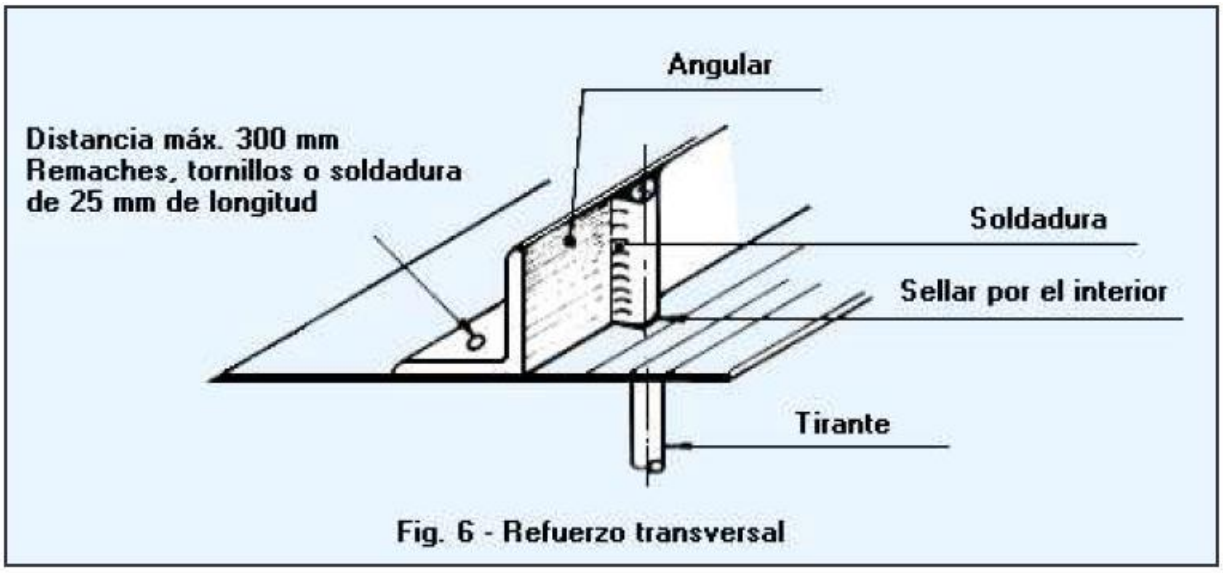


Fig. 6 - Refuerzo transversal

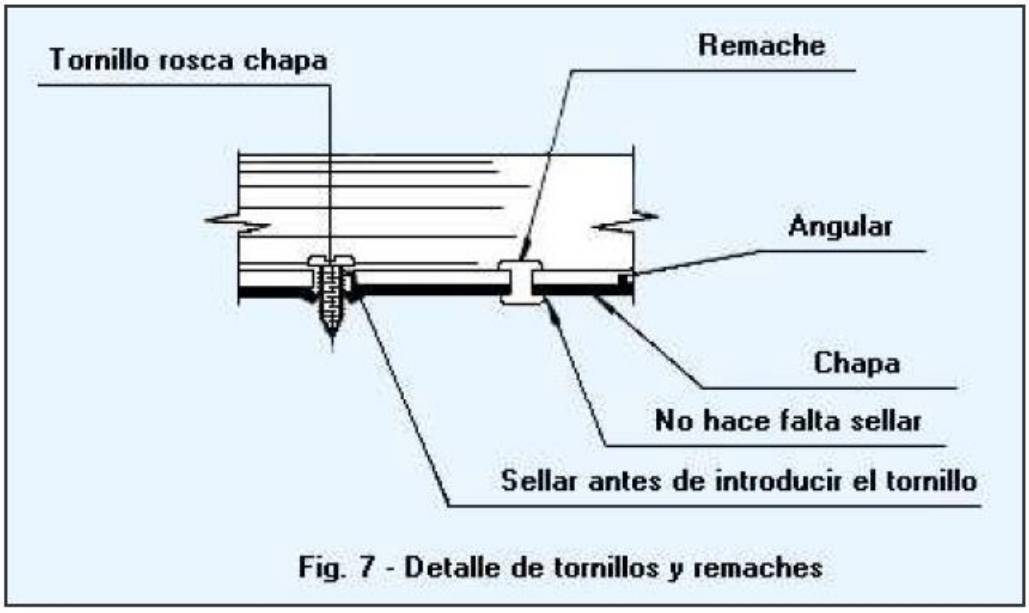


Fig. 7 - Detalle de tornillos y remaches

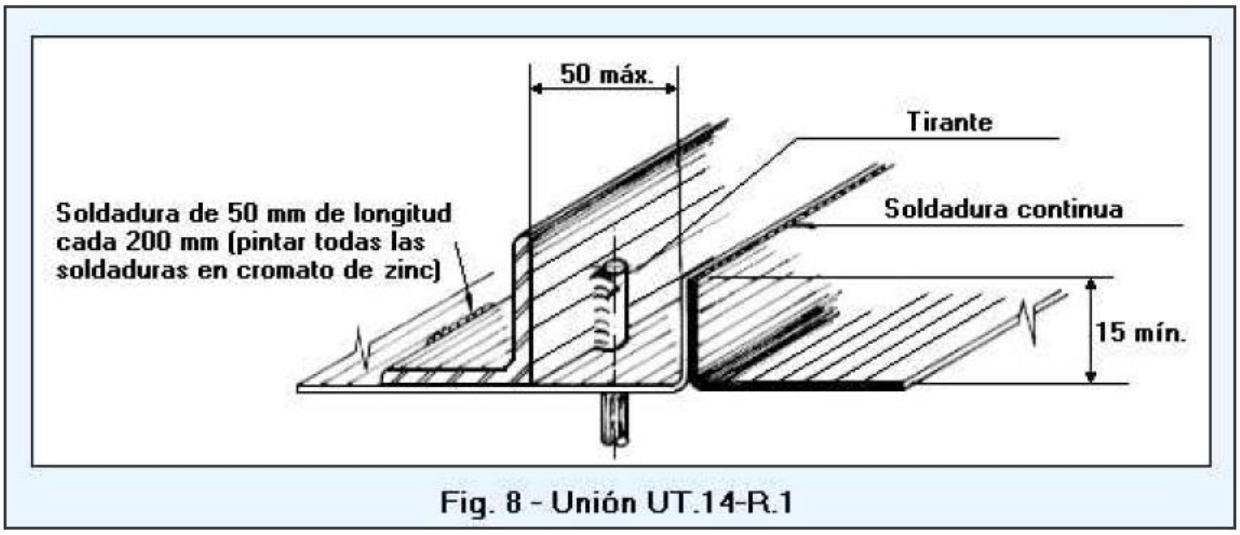
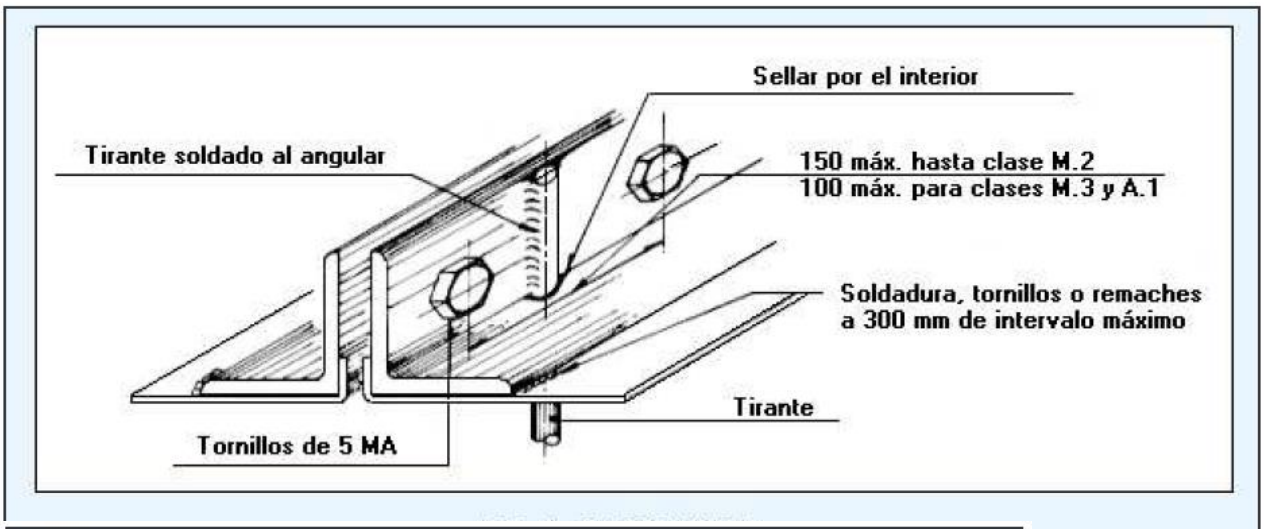


Fig. 8 - Unión UT.14-R.1



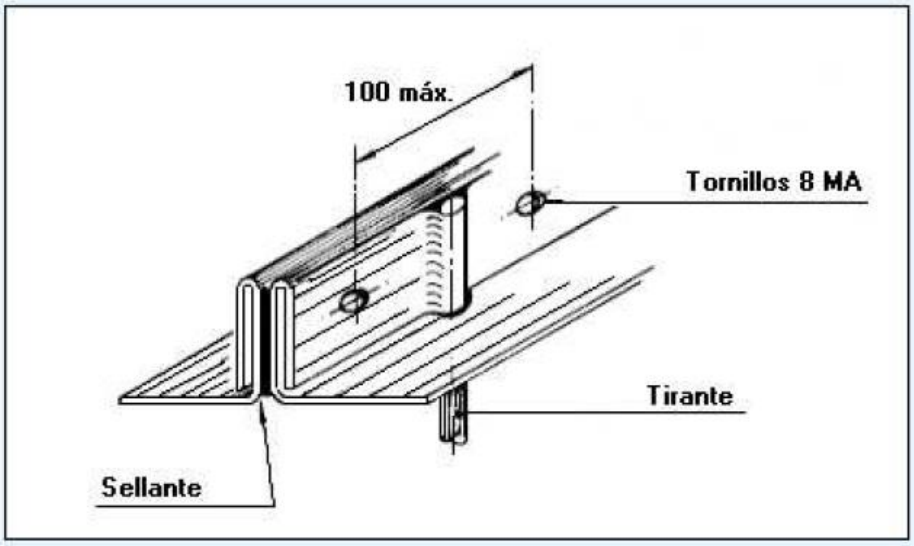


Fig. 10 - Unión UT.17 (medidas en mm)

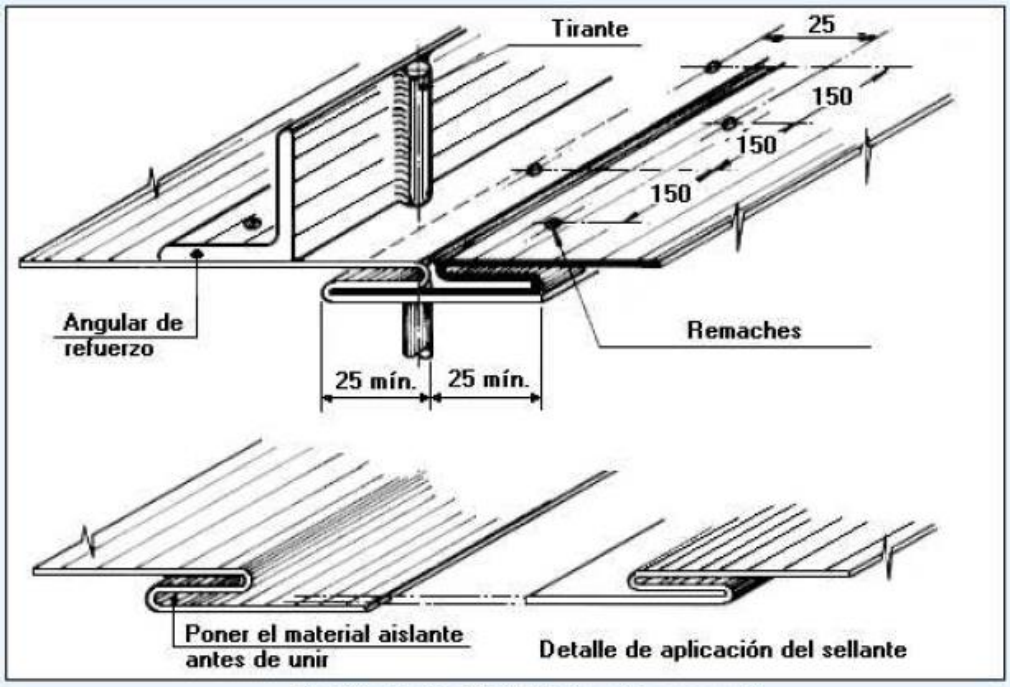


Fig. 11 - Unión UT.7-R.1 (medidas en mm)

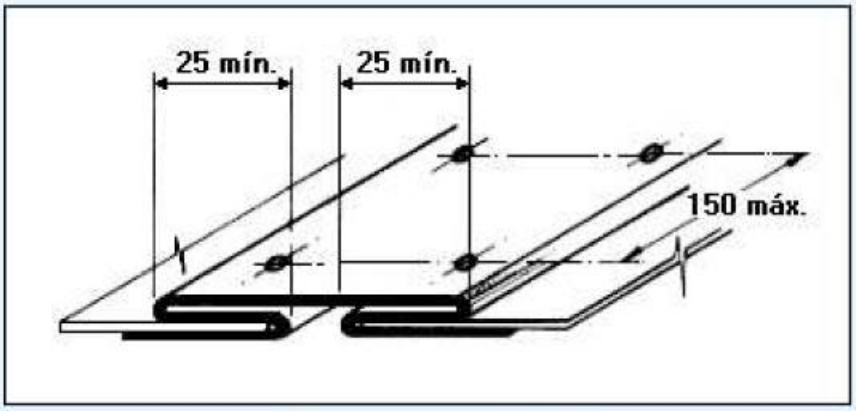


Fig. 12 - Unión UT.6

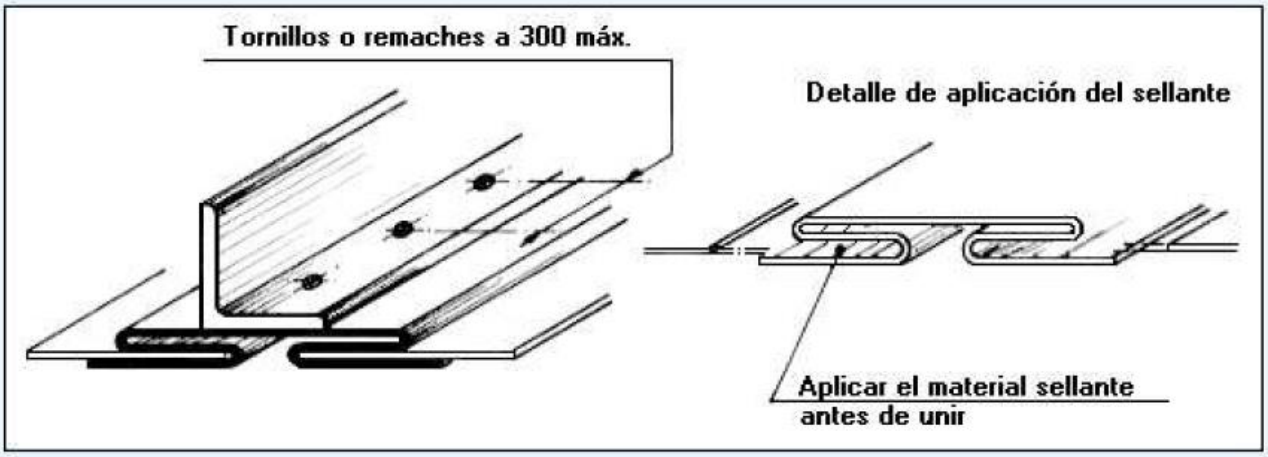
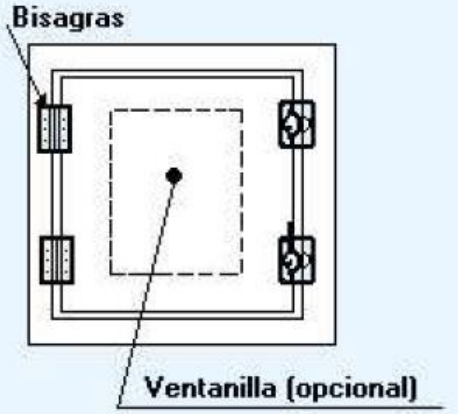
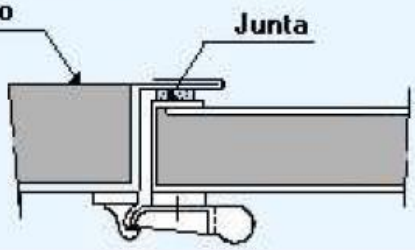


Fig. 13 - Unión UT.6-R.1 (medidas en mm)



Dimens. máximas mm	Nº Bisagras	Nº Manecillas	Espesores	
			Puerta panel	Marco
300 x 300	2	1	6	8
400 x 400	2	2	8	10
600 x 600	3	2	10	10



PUERTA

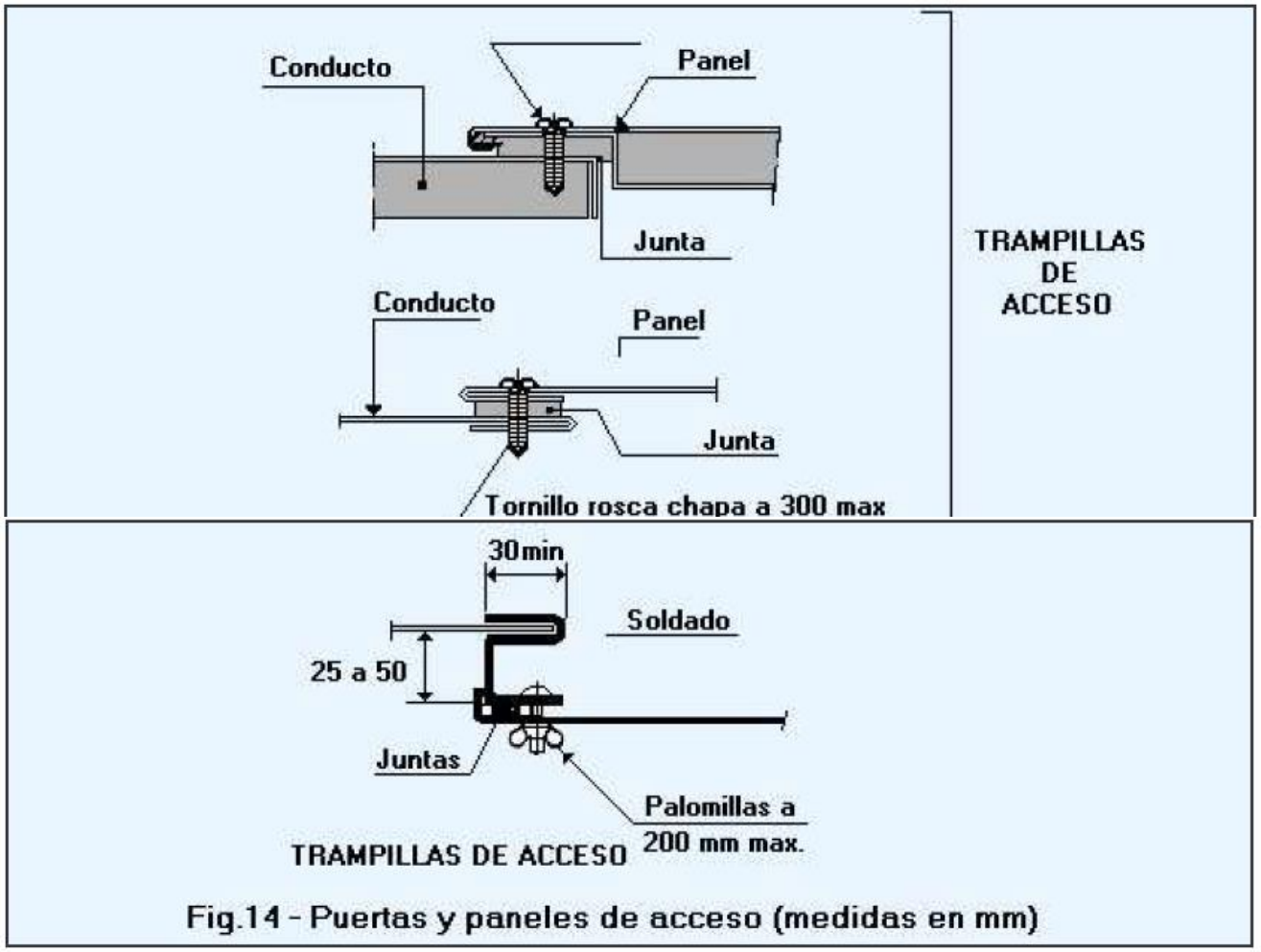


Fig.14 - Puertas y paneles de acceso (medidas en mm)

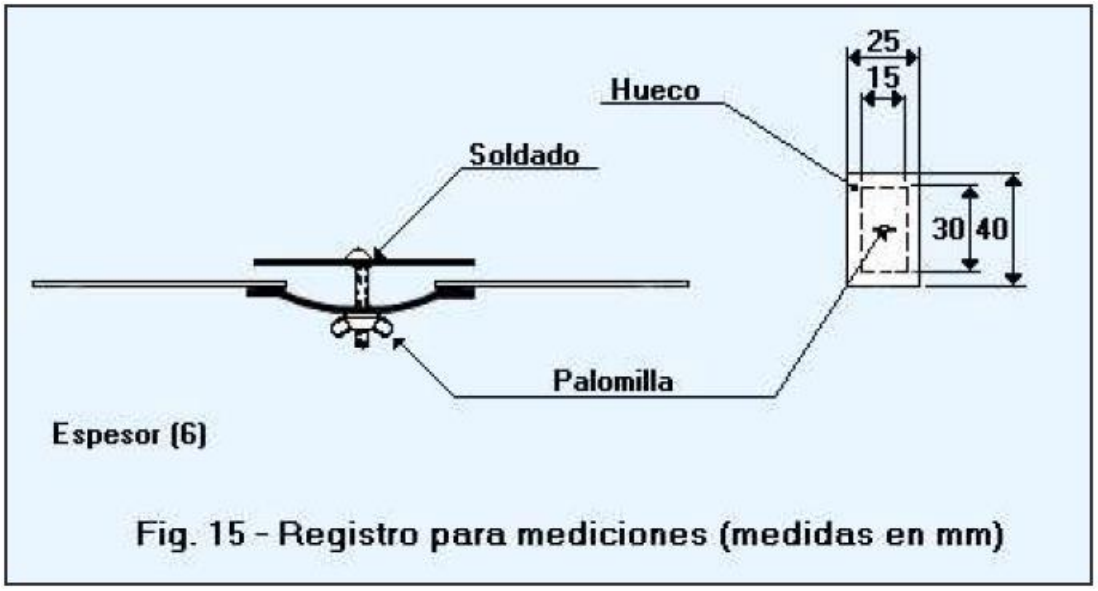
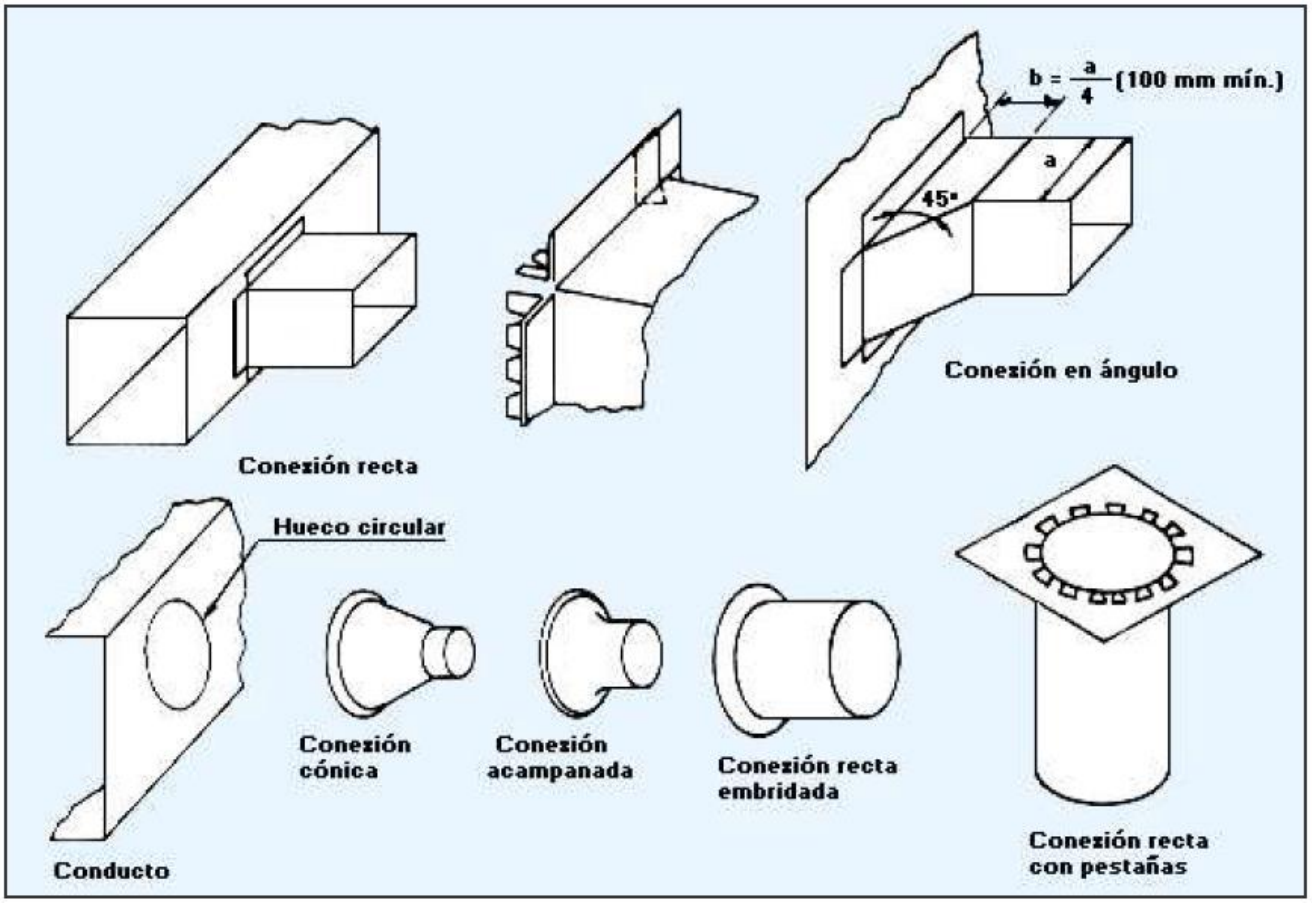


Fig. 15 - Registro para mediciones (medidas en mm)



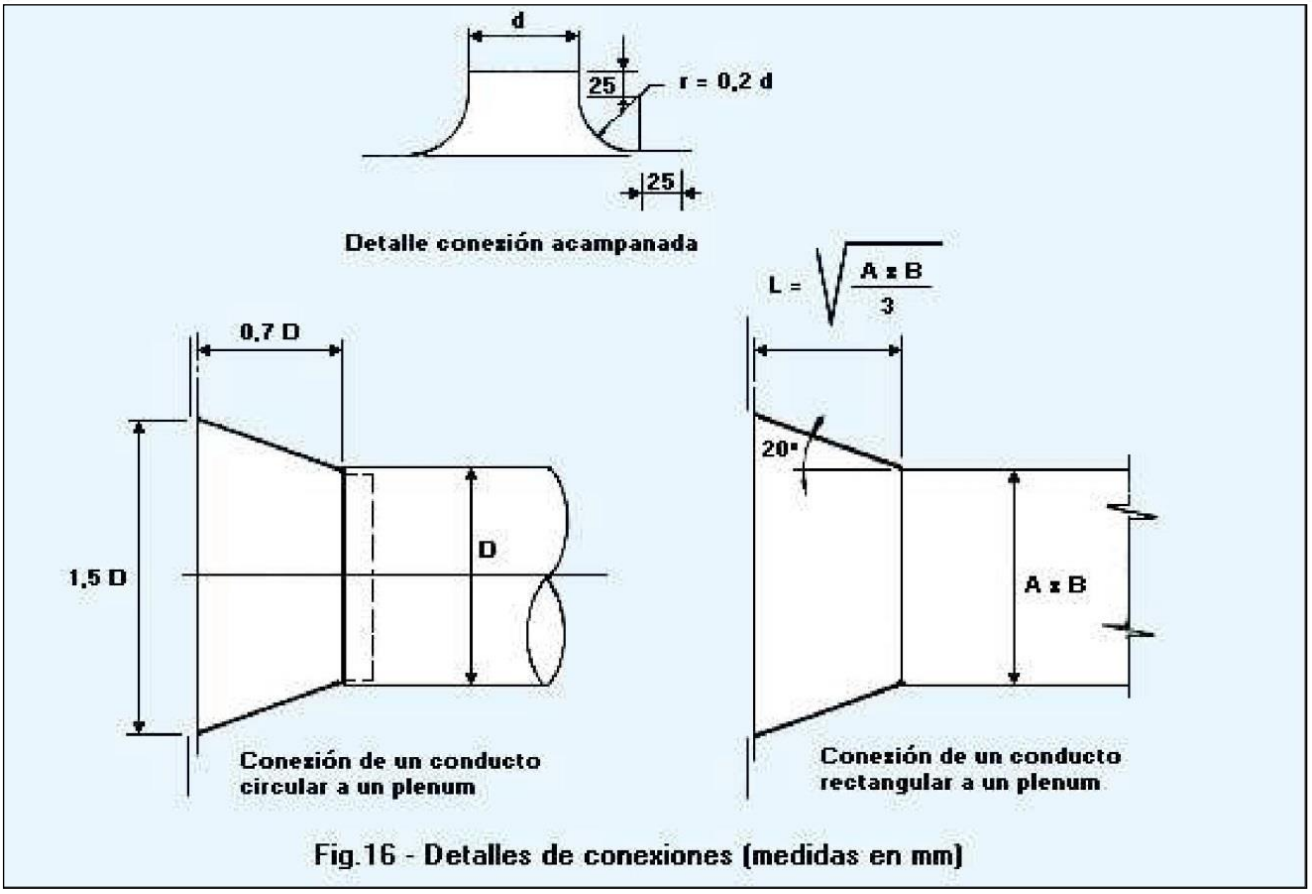
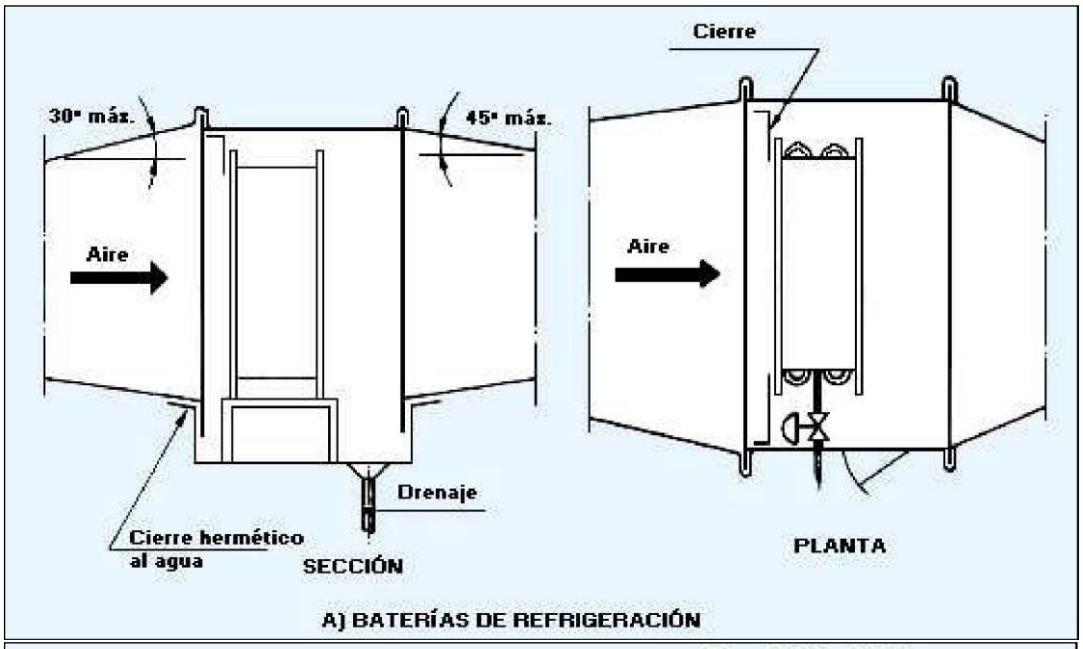


Fig.16 - Detalles de conexiones (medidas en mm)



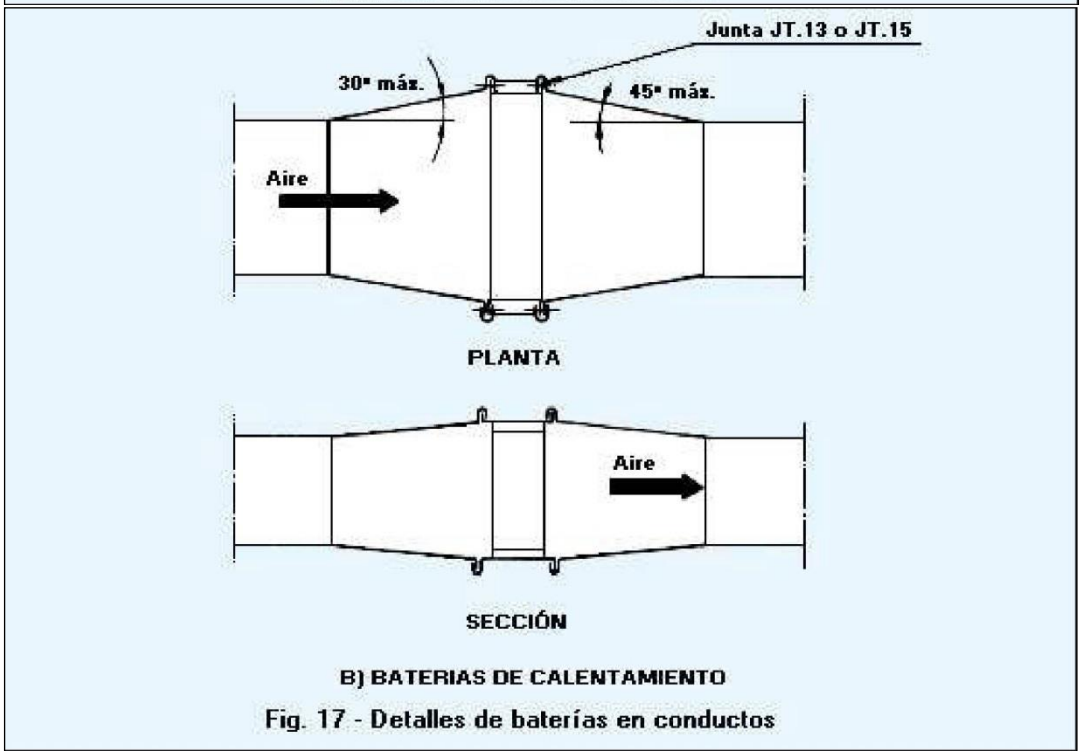


Fig. 17 - Detalles de baterías en conductos

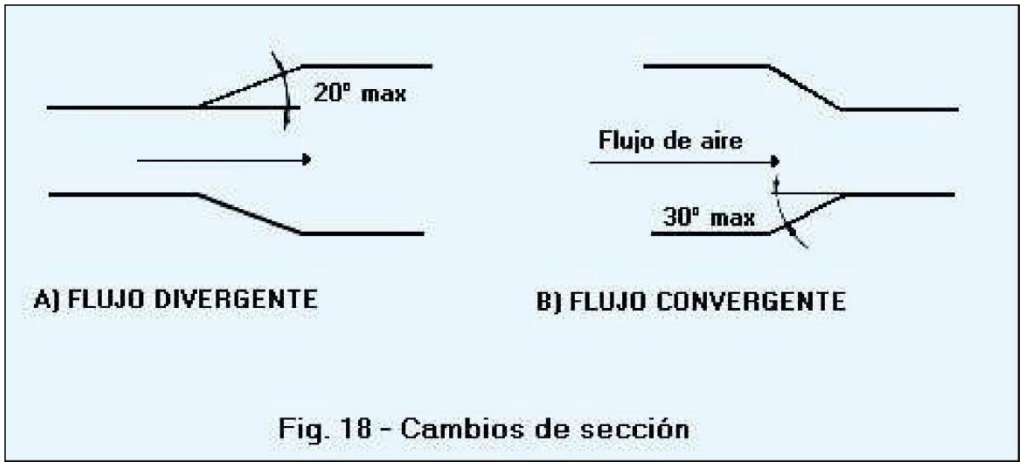
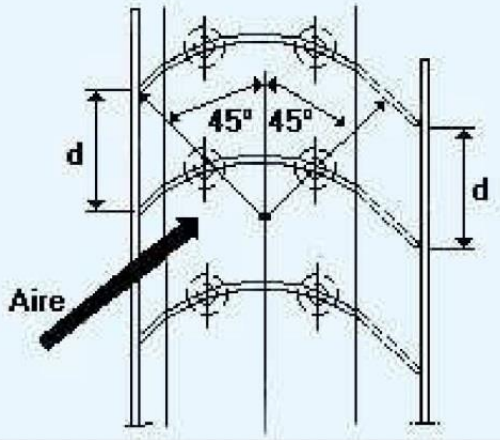


Fig. 18 - Cambios de sección

	r	d	Espesor Nominal
Radio largo	120	80	(8)
Radio corto	50	40	(7)



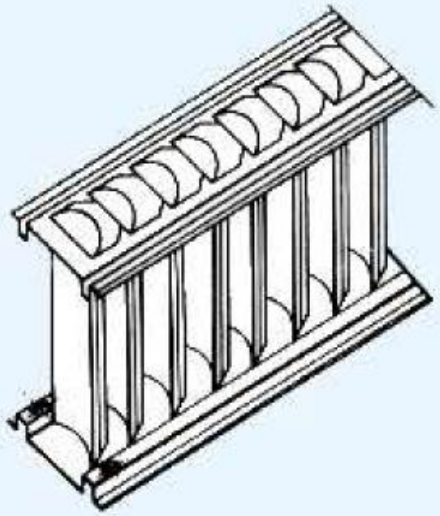
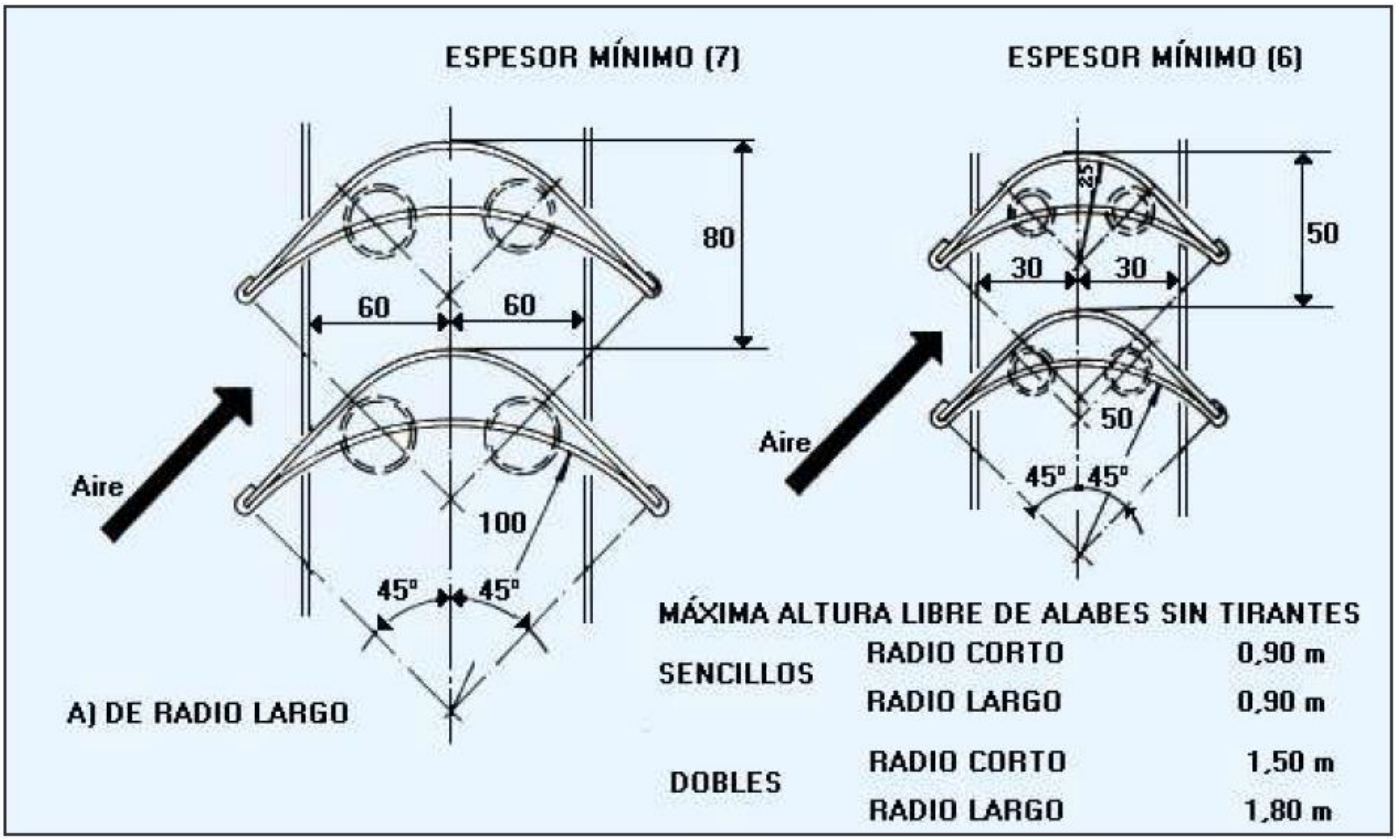


Fig. 19 - Alabes sencillos (medidas en mm)



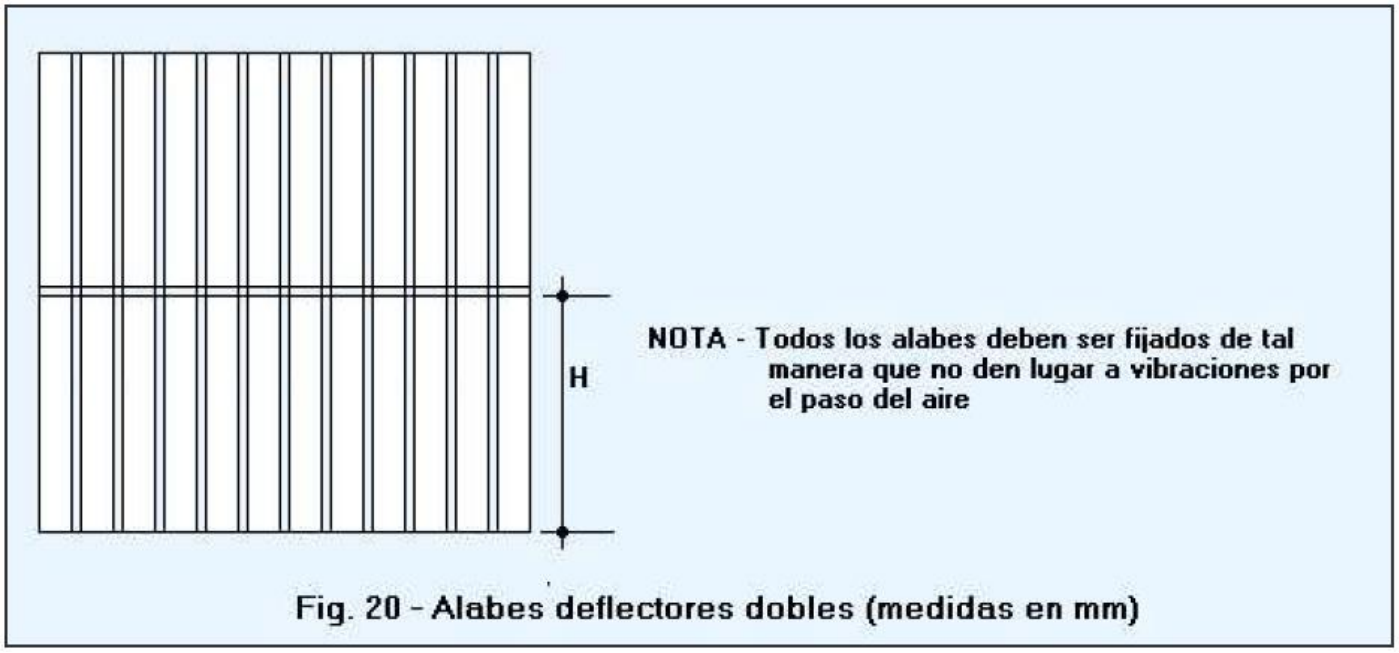
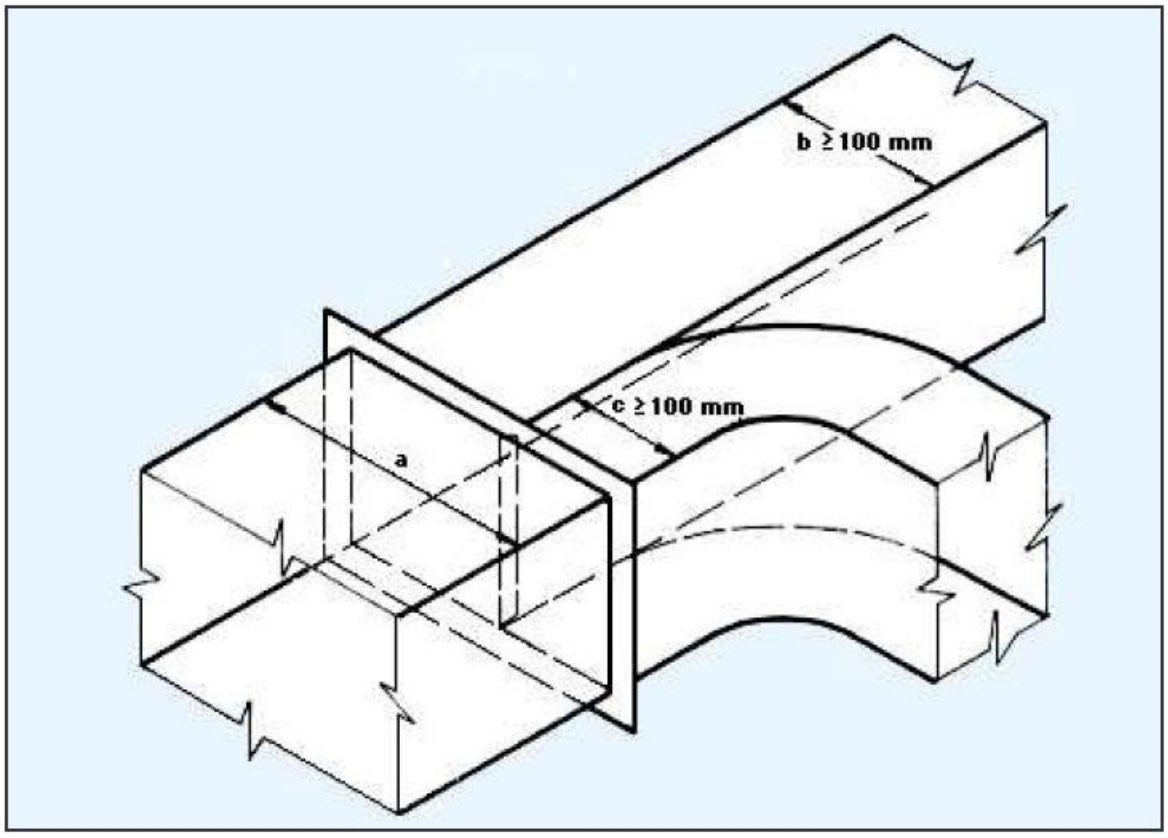
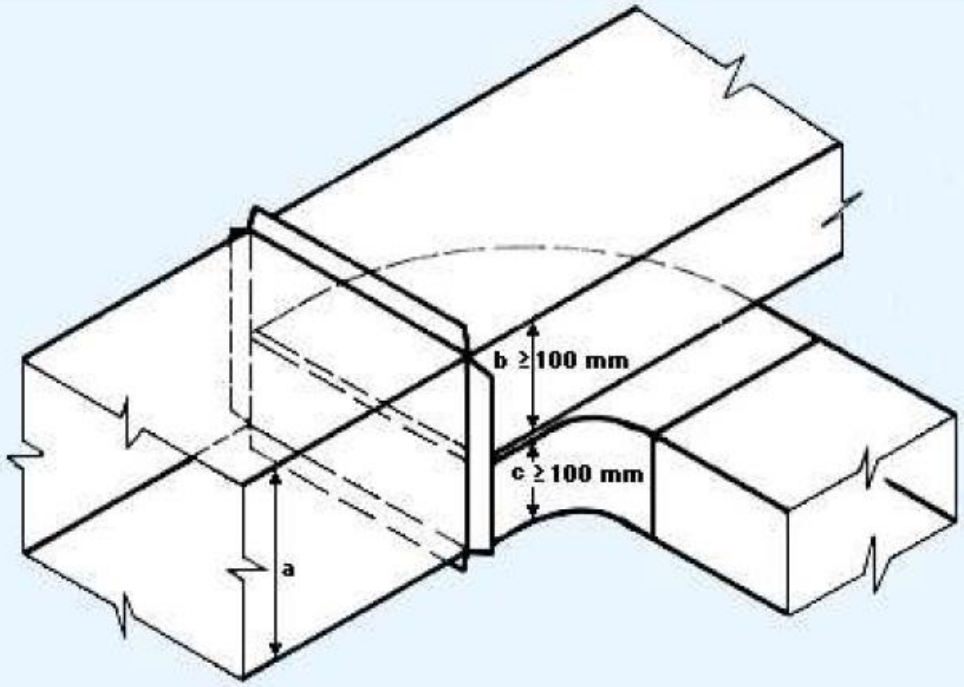


Fig. 20 - Alabes deflectores dobles (medidas en mm)





NOTA - La relación entre superficies de cada conducto, en el punto de ramificación, debe ser proporcional al caudal en cada una de ellas.

Fig.21 - Derivaciones

4.7 CONDUCTOS CIRCULARES

4.7.1 Uniones longitudinales para conductos circulares

La figura 22 representa algunos tipos de uniones longitudinales para conductos circulares

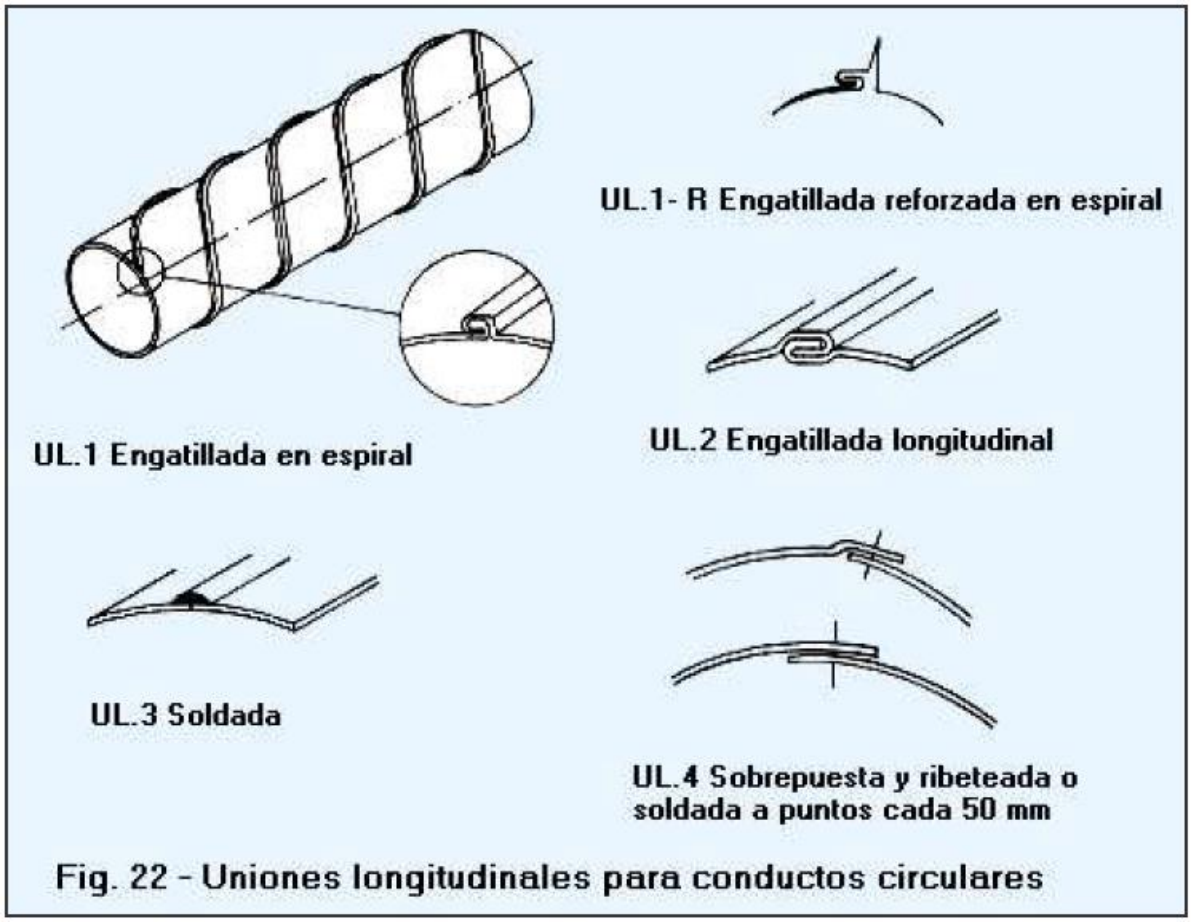


Fig. 22 - Uniones longitudinales para conductos circulares

De acuerdo a la presión de ejercicio de la red de conductos, los tipos de uniones longitudinales que se pueden usar son los que se indican en la tabla 15.

Tabla 15

Clase de conducto	Tipos de unión longitudinal
B.1	Todas
B.2	Todas
B.3	todas, menos UL.4
M.1	todas, menos UL.4
M.2	todas, menos UL.4
M.3	todas, menos UL.4
A.1	sólo UL.1, UL.1-R y UL.2

4.7.2 Espesores de chapas y uniones transversales para conductos circulares

En las tablas **16** y **17** se dan los espesores nominales de chapa de los conductos y las piezas especiales en función del diámetro del conducto, según el tipo de unión longitudinal, para conductos de las clases B. 1, B.2 y B.3 (véase **tabla 16**) y las clases M.1, M.2, M.3 y A.1 (véase **tabla 17**).

Para las uniones transversales, en la **figura 23** se indican los tres tipos más comúnmente usados: la unión con banda sobrepuesta, la unión con manguito y la unión a brida.

La unión con banda sobrepuesta puede utilizarse sólo para conductos con unión longitudinal soldada.

Las uniones a manguito o con banda podrán utilizase siempre para diámetros de hasta 900 mm para los conductos de las clases B.1, B.2 y B.3 y de hasta 600 mm para los conductos de las clases M.1, M.2, M.3 y A.1.

Para diámetros superiores a los indicados es recomendable utilizar la unión a brida.

Tabla 16

Espesores nominales de chapa para conductos circulares de las clases B.1, B.2 y B.3

Medidas en milímetros

Diámetro mm	Presión positiva			Presión negati va			Piezas especiales
	Unión longitudinal			Unión longitudinal			
	Espiral	Espiral Reforzada	Soldada	Espiral	Espiral Reforzada	Soldada	
< 200	4	4	5	5	4	7	7
201 a 350	5	4	6	6	5	7	7
351 a 600	6	5	7	7	6	8	8
601 a 900	7	6	8	8	7	10	10
901 a 1 200	8	7	10	10	8	12	12
1 201 a 1 500	10	8	12	12	10	121)	12
1 501 a 2000	-	-	15	-	-	151)	15

1) Máxima presión negativa de 250 Pa

Tabla 17

Espesores nominales de chapa para conductos circulares de las clases M.1, M.2, M.3 y A.1

Medidas en milímetros

Diámetro mm	Unión longitudinal				Piezas especiales
	Espiral	Espiral reforzada	Soldada		
			(1)	(2)	
< 200	6	5	7	6	8
201 a 350	6	5	7	6	10
351 a 600	7	6	8	7	10
601 a 900	8	7	10	8	10
901 a 1200	10	8	10	10	12
1 201 a 1 500	12	10	12	12	12
1 501 a 2 000	-	-	-	15	15

(1) Con unión transversal a manguito o banda sobrepuesta

(2) Con unión transversal a brida

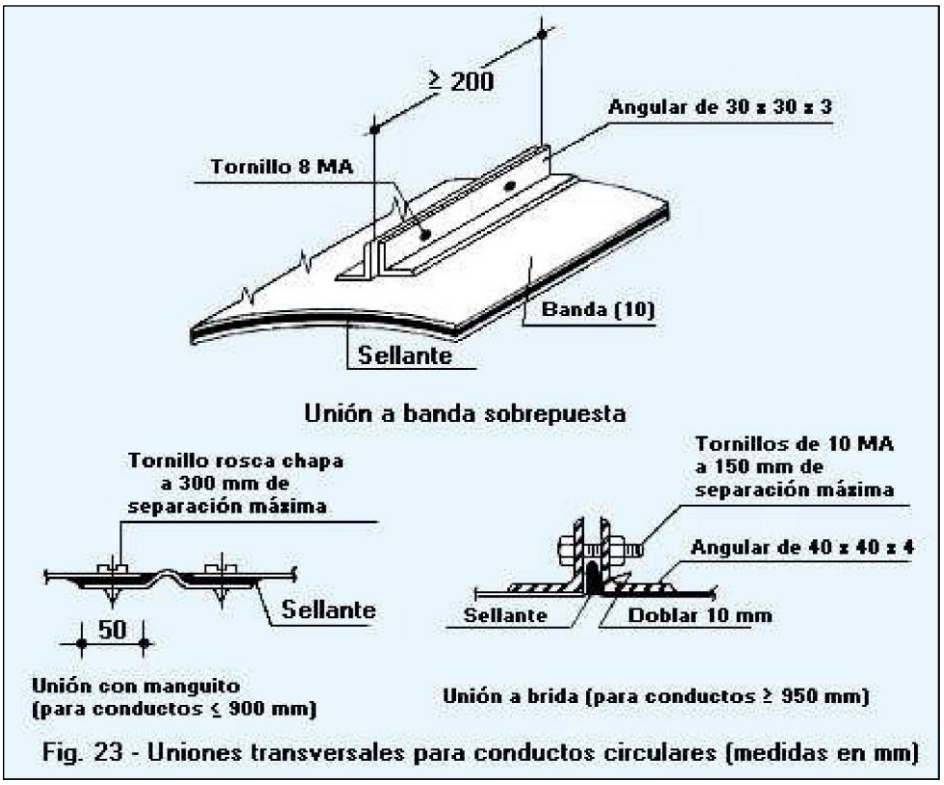
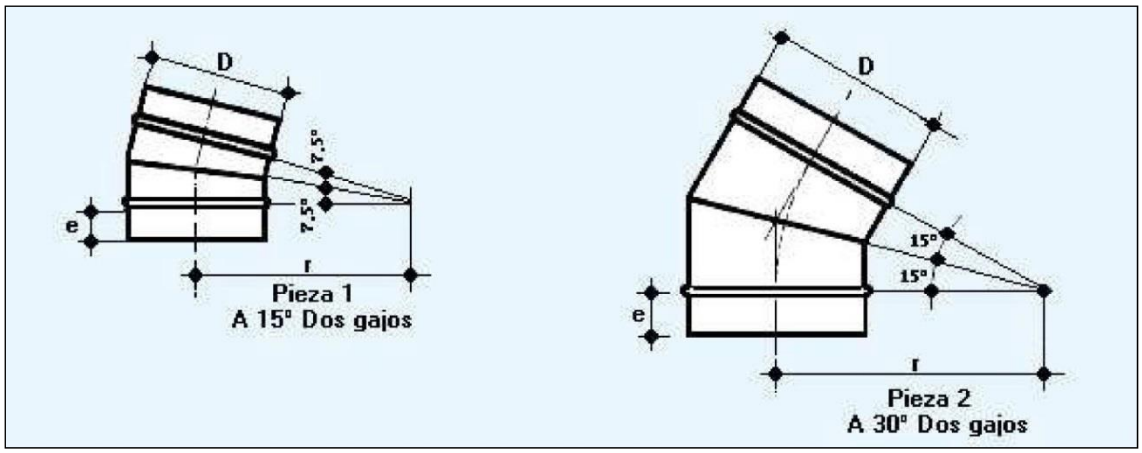
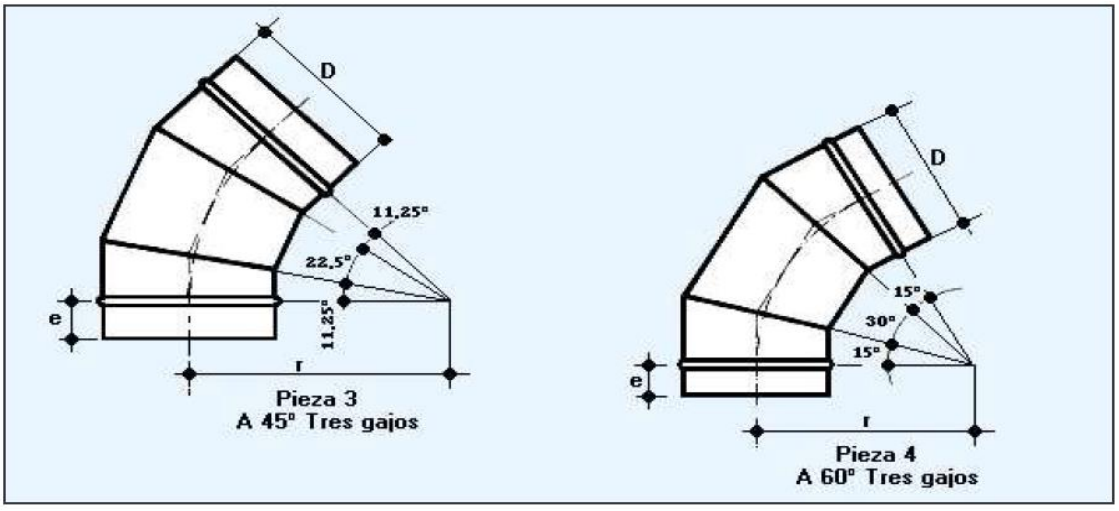


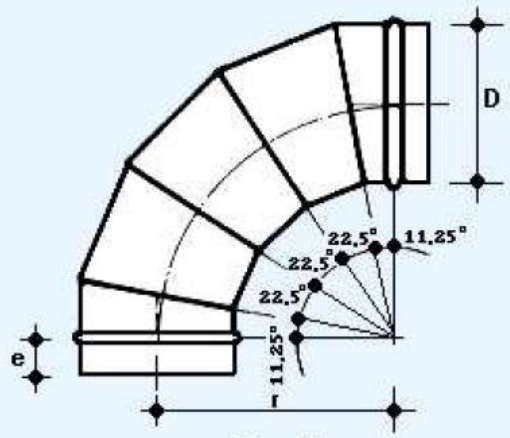
Fig. 23 - Uniones transversales para conductos circulares (medidas en mm)

4.7.3 Detalles para conductos circulares

En las figuras 24 a 34, se dan detalles de piezas especiales y conexiones flexibles para conductos circulares.





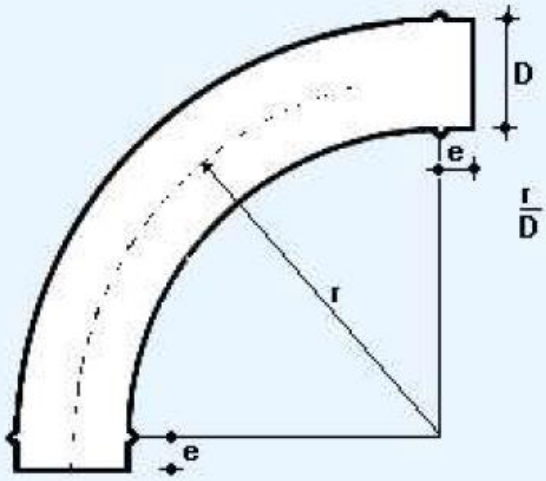


Pieza 5
A 90º Cinco gajos

CODO DE GAJOS	
Angulo	Número de gajos
0° a 30°	2 (a-a)
31° a 60°	3 (0,5 a-a-0,5 a)
61° a 90°	5 (0,5a-a-a-a-0,5 a)

$\frac{r}{D}$= 0,5;0,75;1;1,5;2

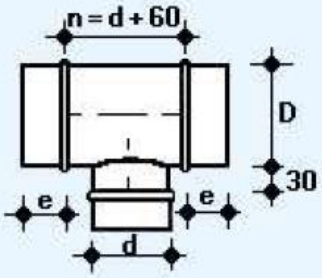
Fig. 24 - Codos de gajos



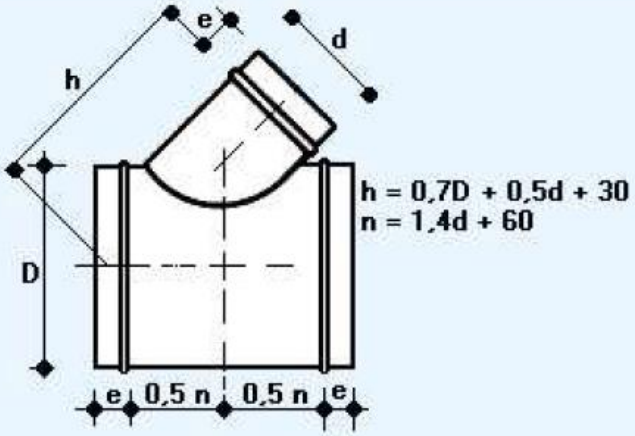
$\frac{r}{D}$ = 0,5;0,75;1;1,5;2

Pieza 6

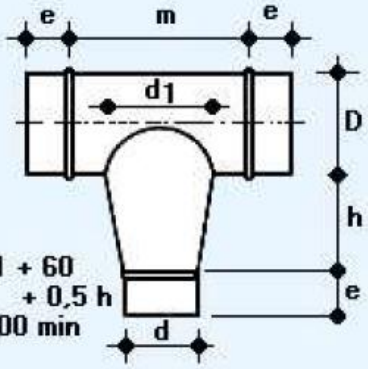
Fig.25 - Codos estampados a 30°, 45°, 60° y 90°



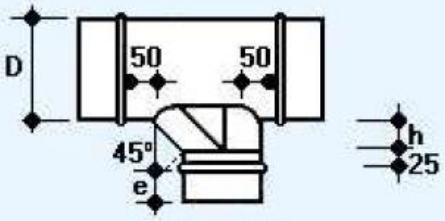
Pieza 7
a 90°



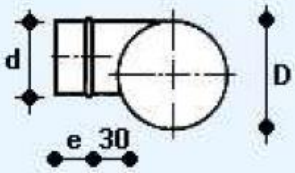
Pieza 8
a 45°



m = d1 + 60
d1 = d + 0,5 h
h = 100 min



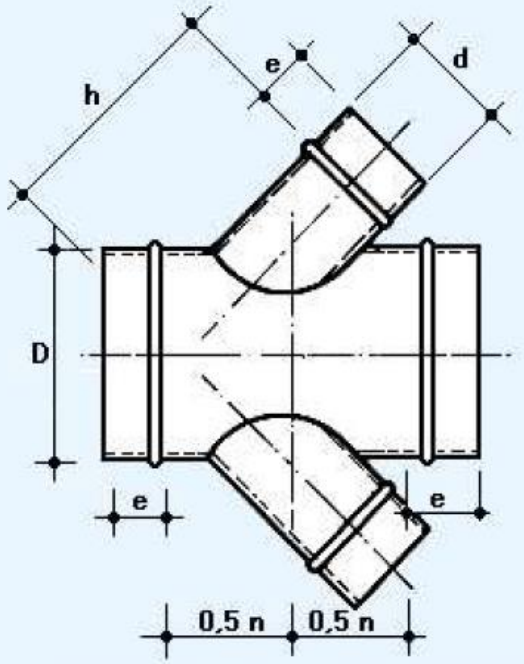
Pieza 10
Recta 45°



Pieza 11
Tangencial

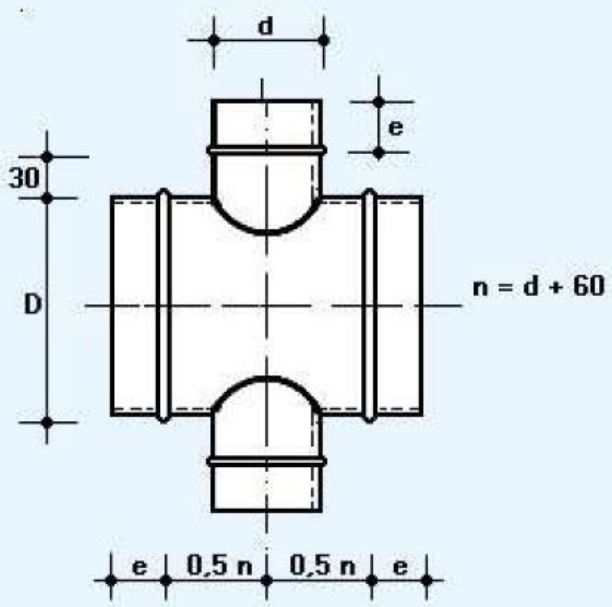
d	h
≥ 200	80
201 a 400	150
401 a 600	250
> 600	300

Fig. 26 - Piezas en T

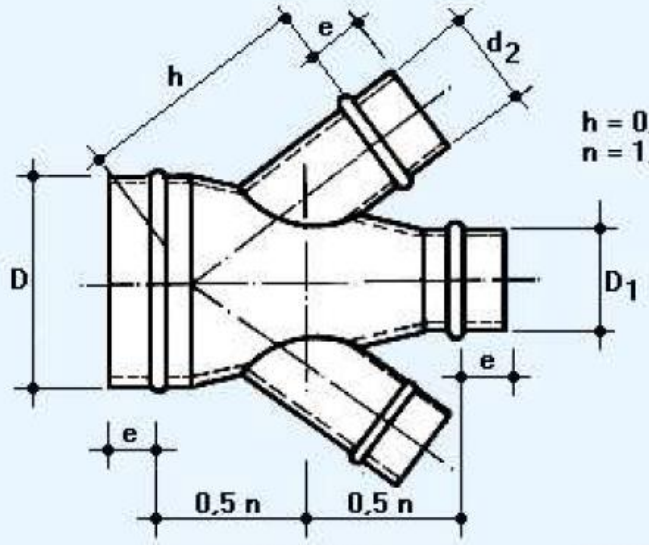


Pieza 13
a 45º

$h = 0{,}7\ D_1 + 0{,}5\ d\ 30$
$n = 1{,}4\ d + 60$



Pieza 12
a 90º



$h = 0{,}7\ D_1 + 0{,}5\ d\ 30$
$n = 1{,}4\ d + 60$

Pieza 14
Cónica

Fig.27 - Piezas en cruz

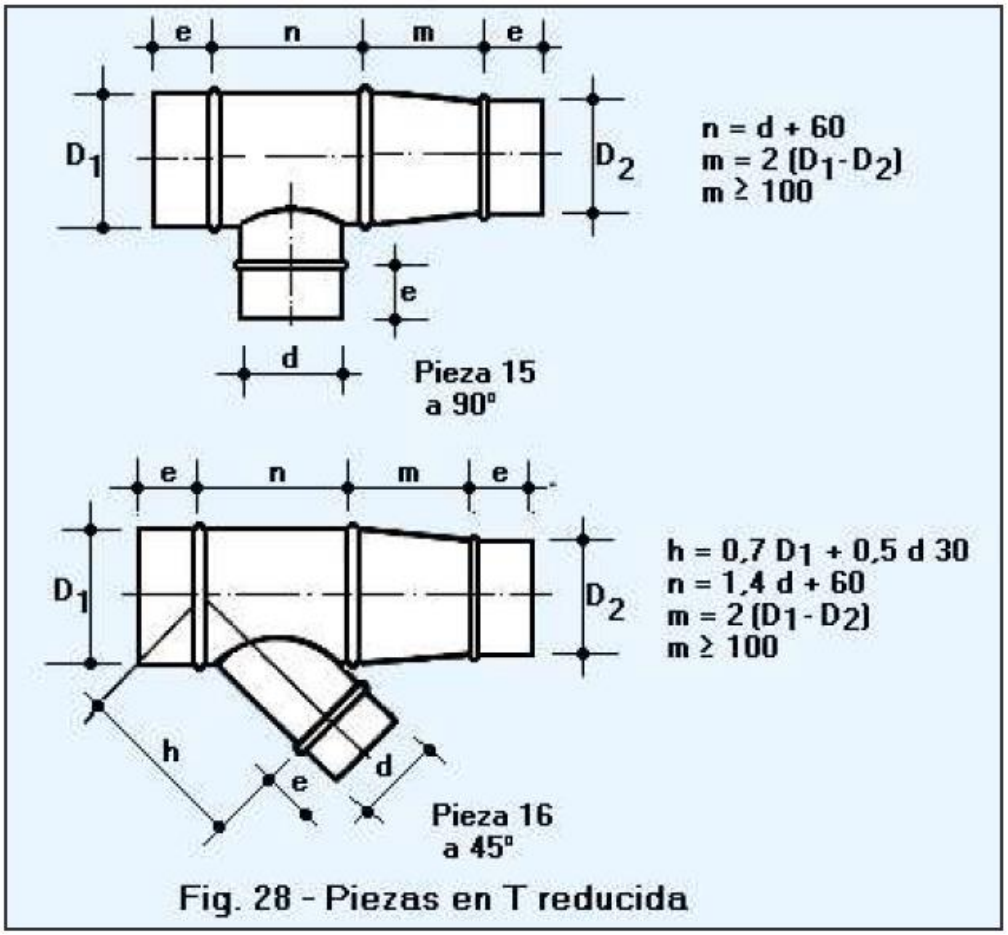


Fig. 28 - Piezas en T reducida

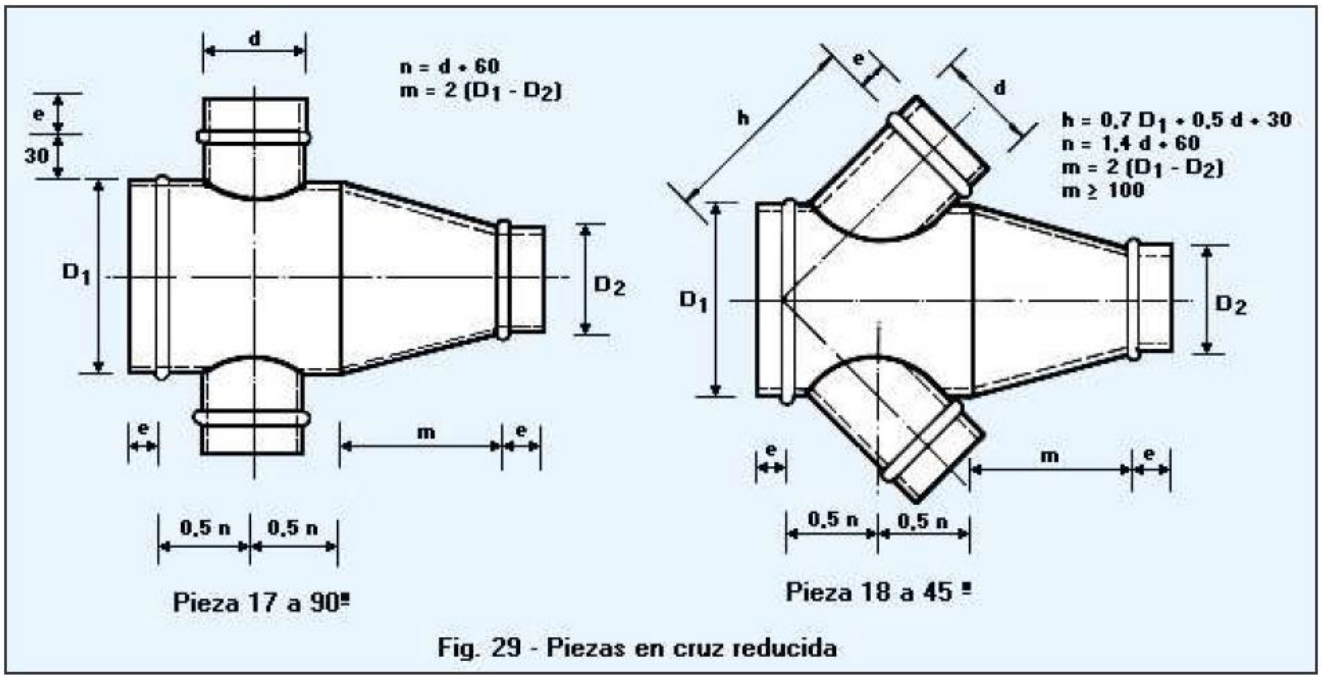
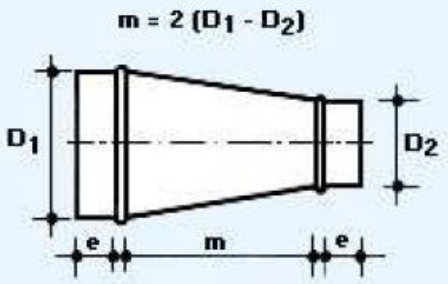
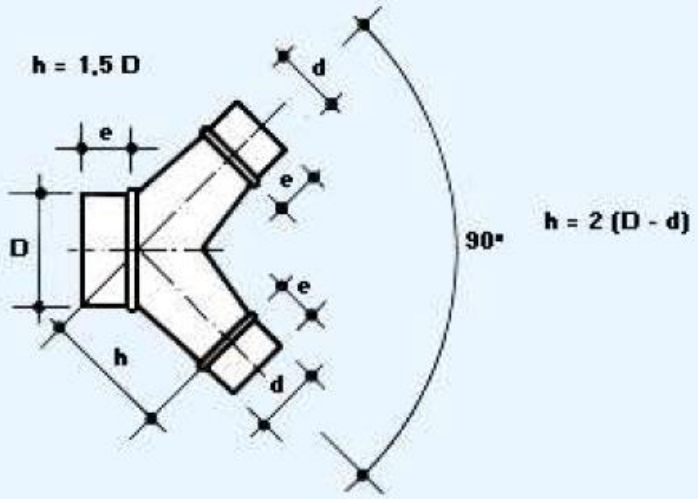


Fig. 29 - Piezas en cruz reducida



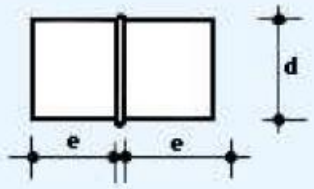
Pieza 19

Fig. 30 - Reducción



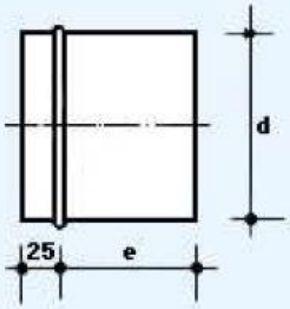
Pieza 20

Fig. 31 - Derivación a 90º



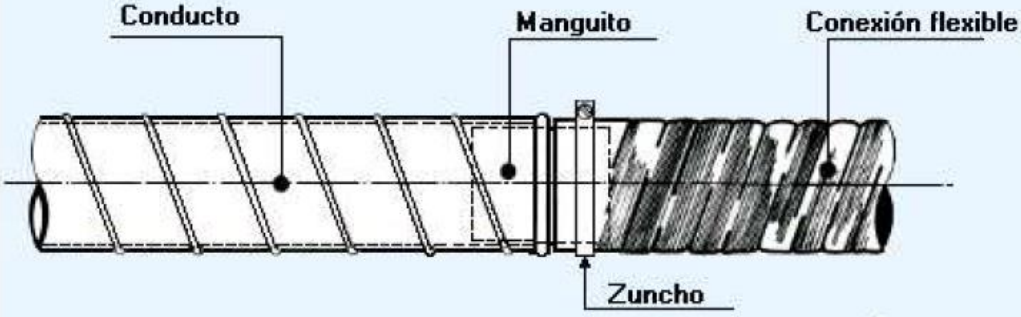
Pieza 21

Fig. 32 - Manguito



Pieza 22

Fig. 33 - Tapa



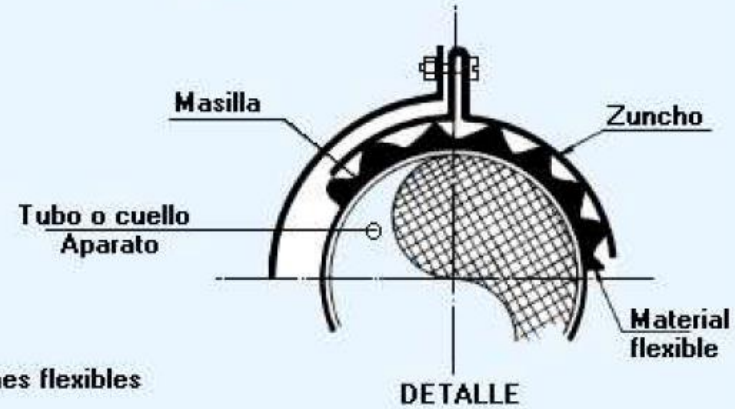


Fig. 34 - Conexiones flexibles

4.8 CONDUCTOS OVALES

A continuación se dan unas ideas generales sobre construcción de conductos de sección oval, debido, por el momento, a su escaso uso.

En la tabla 19 se dan los espesores nominales de chapa en función de la dimensión del eje mayor para tramos rectilíneos y piezas especiales.

Tabla 19 Medidas en milímetros

Eje mayor mm	**Espesores nominal es de chapa para tramos rectilíneos**		**Piezas especiales**
	unión espiral	**unión longit.**	
< 600	(7)	(10)	(10)
601 a 900 901	(8)	(10)	(10)
a 1 200 1 201	(8)	(12)	(12)
a 1 800	(10)	(15)	(15)
> 1801	(12)	(15)	(15)

NOTA- Los valores entre paréntesis indican valores nominales de las chapas

El uso de conductos de sección oval es aconsejable sólo para sistemas con presión positiva.

La relación entre lados de la sección oval varía según el fabricante.

El conducto oval requiere menos refuerzos que el rectangular. La máxima deflexión permitida en el plano de cada lado del conducto es de 20 mm. La máxima deflexión permitida para los refuerzos transversales es de 6 mm.

Las piezas especiales deben ser soldadas con continuidad; después de la soldadura las uniones deben ser pintadas para prevenir la corrosión.

Es conveniente que los codos tengan un radio de curvatura mínimo igual a 1,5 veces el lado del conducto que está en el plano de la curva.

En la tabla 20 se da el número mínimo de gajos (casquetes) en función del ángulo de la curva.

Tabla 20

Angulo de la curva	**Número de gajos**
< 30°	2
31°a 70°	3
71°a 90°	5

5 MONTAJE de DUCTOS

5.1 SÍMBOLOS, MAGNITUDES Y UNIDADES

Símbolo	Magnitud	Unidad
P	peso	Newton (N)
A	área de la sección	mm^2
W	módulo de resistencia	mm^3
I	momento de inercia	mm^4
E	módulo de elasticidad	N/mm^2
Sf	resistencia a flexión	N/mm^2
Sc	resistencia a corte	N/mm^2
St	resistencia a tracción	N/mm^2
D	deflexión	mm

5.2 SOPORTE DE LOS CONDUCTOS HORIZONTALES

El sistema de soporte de un conducto tendrá las dimensiones de los elementos que le constituyen y estará espaciado de tal manera que sea capaz de soportar, sin ceder, el peso del conducto y de su aislamiento térmico asi como su propio peso.

5.2.1 Sistema de soporte

El sistema de soporte de una red de conductos se compone de tres partes:

- El anclaje al elemento estructural del edificio.
- Los tirantes.
- La fijación del conducto al soporte.

5.2.1.1 El anclaje al elemento estructural del edificio. El sistema de fijación variará según la naturaleza de la estructura del edificio, o elemento constructivo sobre el que se ancle, y los criterios de la dirección facultativa.

En todo caso, el sistema de anclaje adoptado no deberá nunca debilitar la estructura del edificio y la relación entre la carga que grava sobre el elemento de anclaje y la carga que determina el arrancamiento del mismo, no deberá ser nunca inferior a 1:4.

5.2.1.2 Los tirantes. Los tirantes serán usualmente flejes de chapa de acero galvanizado o bien pletinas o varillas de acero no tratado superficialmente. Estas últimas deberán ser galvanizadas cuando trabajen en ambientes corrosivos; en este caso, cuando se haya realizado el montaje en obra, se protegerán con pintura antioxidante aquellas partes del soporte que hayan perdido el galvanizado debido a su mecanización.

Los tirantes se instalarán sensiblemente verticales para evitar que puedan transmitir esfuerzos horizontales a los conductos. El ángulo máximo permitido entre la vertical y el tirante es de 10".

No se utilizarán alambres como soportes definitivos o permanentes.

5.2.1.3 La fijación del conducto a los tirantes. Pueden utilizarse tornillos rosca-chapa o remaches, solamente para conductos de las clases B.1, B.2 y B.3. En este caso, la penetración en el conducto debe ser evitada en lo posible.

Los conductos de las clases M. 1, M.2, M.3 y A.1 deberán fijarse a los tirantes a través de sus elementos de refuerzo ose apoyarán en un perfil que se une a los tirantes mediante elementos roscados. En ningún caso se admitirá la unión del soporte por medio de tornillos o remaches a los conductos de estas clases.

5.2.2 Espaciamiento de los soportes horizontales. En la *Tabla I* se dan las distancias máximas entre soporte contiguos y la sección de varillas o pletinas, en función del perímetro del conducto rectangular y de la sección de los tirantes.

Se recomienda emplazar los soportes cerca de las uniones transversales.

Para los conductos circulares, en la *Tabla II* se indican las secciones necesarias de tos flejes para una distancia máxima entre soporte 3,5 m.

La sección del collarín será siempre igual a la del tirante.

En la *Tabla III* se dan las cargas máximas de tracción que pueden soportar pletinas y varillas.

En el *Anexo A* de la norma UNE 100102.1988 se da un método de cálculo del soporte para un conducto rectangular apoyado sobre un angular.

Tabla I

Dimensiones y separación de soportes para conductos rectangulares

Máxima suma de lados o semiperi-metro	Distancia entra parejas da soportes m							
	3.0		2.4		1.5		1.2	
M	pletinas mm	varillas mm	pletinas mm	varillas mm	pletinas mm	varillas mm	pletinas mm	varillas mm
1.8	25 x(8)	6	25 x(8)	6	25 x(8)	6	25 x(8)	6
2.4	25x(12)	8	25x(10)	6	25 x(8)	6	25 x(8)	6
3	25x(15)	10	25x(12)	6	25 x(8)	6	25 x(8)	6
4.2	40x(15)	12	25x(15)	10	25x(12)	8	25x(12)	8
4.8	---	12	40x(15)	12	25x(15)	8	25x(15)	8
>4.8	Se requiere un estudio de pesos							

Notas; 1. La *Tabla I es válida* para conductos sin cargas exteriores (se considera sólo el peso propio y el del aislamiento) y está dada para parejas de tirantes.

2. Las pletinas son de acero galvanizado; las varillas son roscadas y pueden ser da acero negro.

Tabla II

Dimensiones y soportes para conductos circulares (distancia máxima: 3.5 m)

diámetro mm	pletinas mm
< 600	1 x 25 x (8)
601 a 900	1x25x(12)
901 a 1200	1 x25x(15)
1201 a 1500	2x25x(12)
1501 a 2000	2x25x(15)

Tabla III ***Máxima carga por cada pletina y varilla***

Pletina Mm	Tomillo	Carga N	Varilla Mm	Carga N
25 x(8)	2x 4MA	1150	6	1200
25x(10)	2x 5MA	1400	8	3000
25x(12)	2x 6MA	1850	10	3800
25x(15)	2x 8MA	3100	12	5500
40x(15)	2x10MA	4800	15	8800
			20	13200

5.3 SOPORTES DE LOS CONDUCTOS VERTICALES

Los conductos verticales se soportarán por medio de perfiles a un forjado o a una pared vertical. La distancia máxima permitida entre soportes verticales se conformará a los siguientes criterios:

- Hasta 8 m (2 pisos) para conductos circulares de hasta 800 mm de diámetro y conductos rectangulares de hasta 2 m de perímetro;
- Hasta 4 m (1 piso) para conductos de dimensiones superiores a las citadas anteriormente.

En cualquier caso, el soporte deberá ser calculado para el peso que soporta. En los puntos de anclaje a la pared, se adoptará un factor de seguridad de 1 a 4y unas cargas de tracción y corte igual a la mitad del peso.

La fijación del conducto al soporte se efectuará por medio de tornillos rosca-chapa o remaches para conductos de las clases B.1, B.2 y B.3 y cuando sus dimensiones no rebasan los 750 mm en lado o diámetro.

Para dimensiones superiores o para las clases M.1, M.2, M.3 y A.1, la fijación se hará por medio de soldaduras a puntos o, mejor aún, el conducto se soportará a través de sus refuerzos transversales por medio de varillas o perfiles.

En las *figuras 1 a 4 se* dan algunos detalles de uniones entre soportes y conductos.

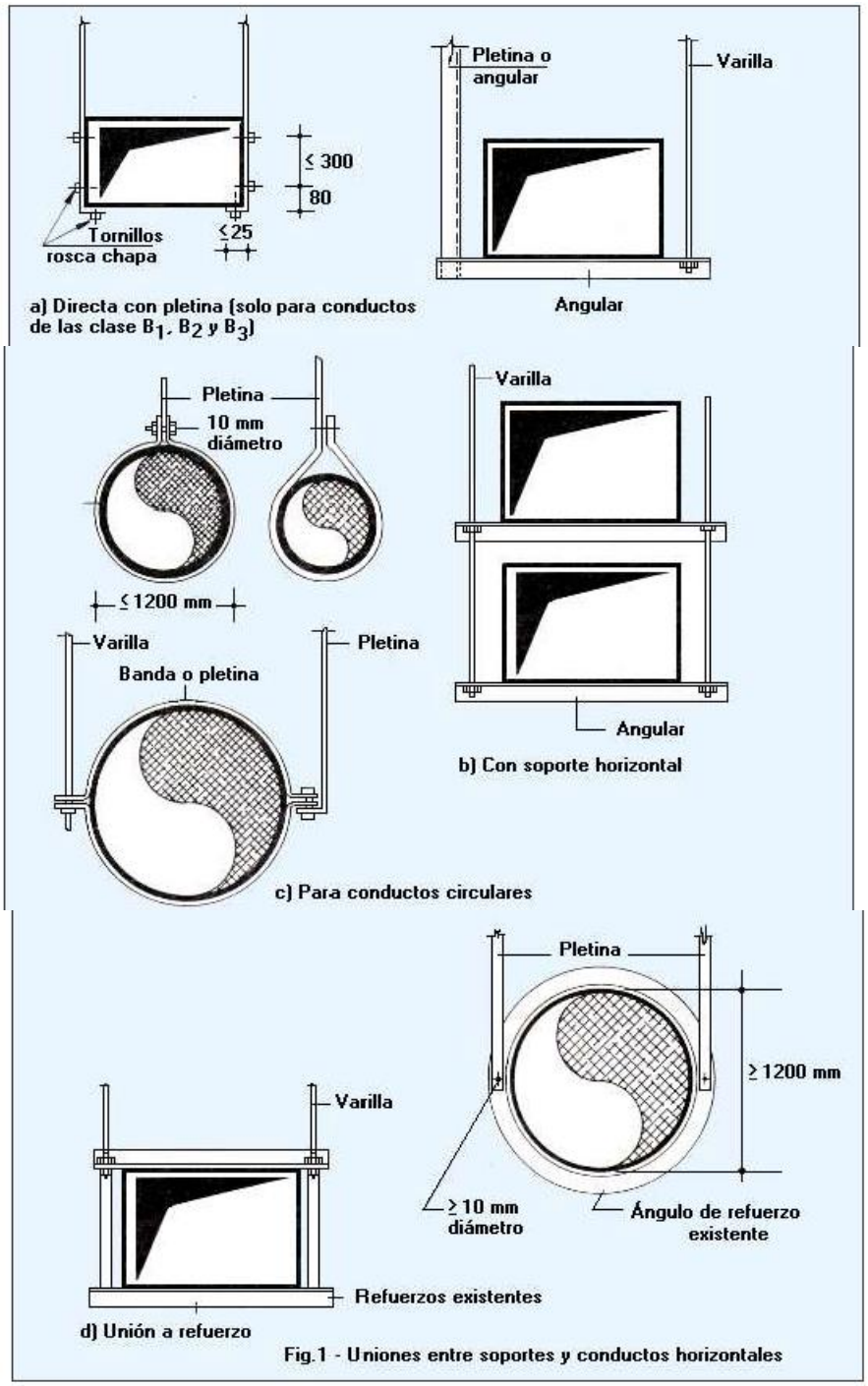


Fig.1 - Uniones entre soportes y conductos horizontales

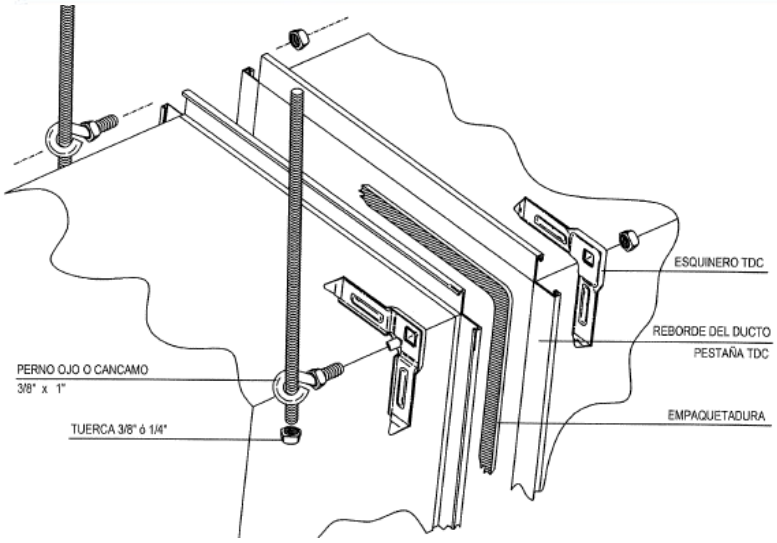


Fig. 1A Soportación de unión TDC

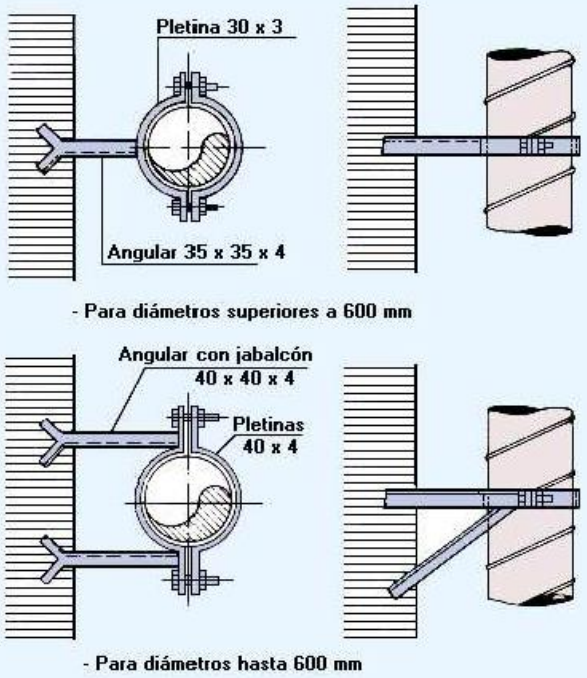


Fig.2 Soportes para conductos circulares verticales a pared
(medidas en mm)

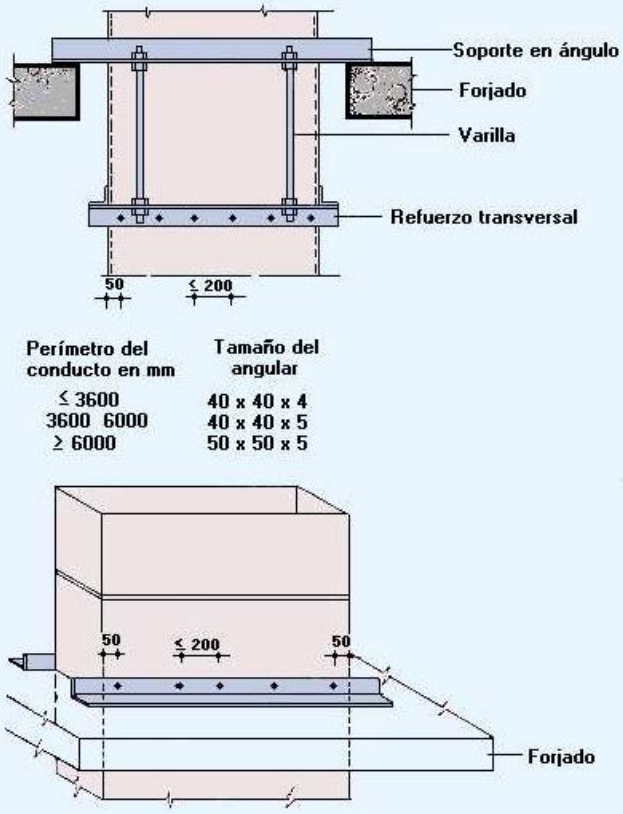


Fig.3 - Soportes de conductos rectangulares verticales de forjados
(medidas en mm)

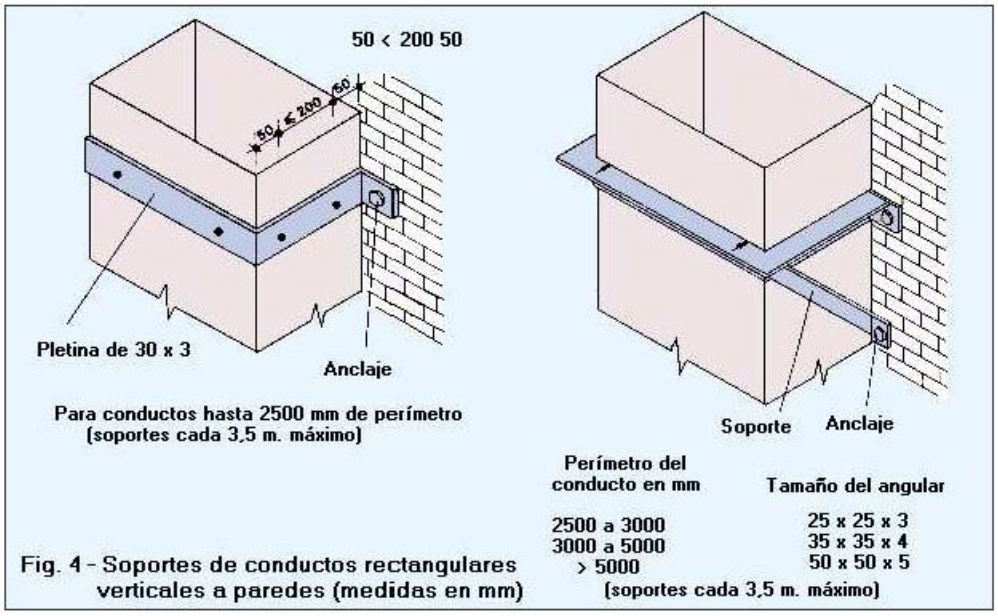


Fig. 4 - Soportes de conductos rectangulares verticales a paredes (medidas en mm)

6 PRUEBAS de RECEPCIÓN de CONDUCTOS

6.1 SÍMBOLOS, MAGNITUDES Y UNIDADES

Símbolo	Magnitud	Unidad
P	máxima presión (relativa) de trabajo	Pascal (Pa)
P´ p	presión (relativa) para la prueba preliminar	Pa
P´´p	presión (relativa) para la prueba estructural	Pa
P´´´p	presión (relativa) para la prueba de estanquidad	Pa
qp	caudal de pérdidas (medido)	m3/s
f	factor de pérdidas	m3/s* m2
A	área de la superficie lateral de los conductos y de ciertos accesorios	m2
h	lectura en el manómetro en U	mm
v	velocidad del aire a través de una ranura	m/s
q	cauda! de pérdidas (calculado)	m3/s
Aeq	área equivalente de la ranura	m2
dp	diferencia de presión	Pa
c	coeficiente de pérdida de presión	---
p	masa específica del aire	kg/m3
n	número de filas de una batería	---

6.2 CRITERIOS y GENERALIDADES

Se fijan los criterios necesarios para las pruebas de recepción de redes de conductos de chapa metálica, desde los puntos de vista de su resistencia estructural y de su estanquidad. Para ciertos detalles se remite expresamente a norma UNE 100-104.88.

Antes de que una red de conductos se haga inaccesible por la instalación de aislamiento térmico o el cierre de obras de albañilería y de falsos techos, se realizan pruebas de resistencia estructural y de estanquidad para asegurar la perfecta ejecución de los conductos y sus accesorios y del montaje de los mismos.

Las pruebas son obligatorias para los conductos de las clases M.1, M.2, M.3 y A.1 y son recomendables para los conductos de las clases B.1, B.2, B.3.

Las pruebas se realizarán, preferiblemente, sobre la red total; cuando la red esté subdividida en clases o si, por razones de ejecución de obra, se necesita ocultar parte de la red antes de su ultimación, las pruebas podrán efectuarse subdividiéndola en tramos, de acuerdo a su clasificación.

6.3 PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS

Las aperturas de terminación de los conductos, donde irán conectados los elementos de difusión de aire o las unidades terminales, deberán cerrarse por medio de tapones de chapa u otro material, perfectamente sellados.

El montaje de los tapones se hará al mismo tiempo que el de los conductos para evitar la introducción de cualquier material en ellos y se quitarán en el momento de efectuar la conexión de los elementos terminales.

En el Anexo A, figura 1, de la norma UNE 100-104.88 se indican en forma esquemática los equipos y aparatos que se necesitan para efectuar las pruebas.

6.4 PRUEBA PRELIMINAR

Se procede al reconocimiento auditivo del sistema de conductos. Para ello, se pone en marcha el ventilador con su compuerta de regulación cerrada. (Véase Anexo A, figural). Se cierra la válvula B y gradualmente, se abre la compuerta sobre el oído del ventilador hasta alcanzar una presión relativa en la red de conductos igual a la máxima presión de trabajo incrementada en 500 Pa.

$$P'p = P + 500 \quad \text{(Pascales)}$$

Esta presión se lee en el manómetro en U ya que la posición de las válvulas es, en este momento, la siguiente:

B y D cerradas y A y C abiertas

Alcanzada la presión arriba indicada, se procede al reconocimiento del sistema en prueba, detectando todas las fugas de aire por medios auditivos.

A continuación se para el ventilador y se procede al sellado de todas las uniones defectuosas. Antes de proceder a una segunda prueba preliminar, se dejará transcurrir el tiempo necesario para que el material sellante tenga tiempo de fraguar.

Después que todas las fugas detectables por el oído hayan sido eliminadas, se procede a las pruebas de resistencia estructural y de estanquidad.

6.5 PRUEBA ESTRUCTURAL

Esta prueba es obligatoria sólo para conductos de forma rectangular de las clases M. 1, M.2, M.3 y A1.

Con la misma disposición de la figura 1 del Anexo A, se pone en marcha el ventilador con su compuerta cerrada, estando las válvulas A y C abiertas y B y D cerradas. Se abre gradualmente la compuerta sobre el oído del ventilador hasta alcanzar una presión igual a una vez y media la presión de trabajo:

$$P'p = 1.5P \quad \text{(Pascales)}$$

Las uniones longitudinales y transversales deben ser capaces de resistir esta presión sin deformarse y sin dar lugar a una disminución de la estanquidad.

La máxima deflexión permitida para los refuerzos transversales de los conductos, o sus uniones transversales cuando éstas actúan como refuerzos, es de 6 mm.

La deflexión máxima permitida para las chapas de los conductos rectangulares es la siguiente:

10 mm para conductos de hasta 300 mm de lado
12 mm para conductos de hasta 450 mm de lado
16 mm para conductos de hasta 600 mm de lado
20 mm para conductos de más de 600 mm de lado

Si esta prueba diese lugar a deformaciones superiores a las máximas permitidas, habrá de subsanarse el elemento defectuoso y proceder a otra prueba preliminar para la detección de fugas de aire y, sucesivamente a otra prueba estructural.

6.6 PRUEBA de ESTANQUEIDAD

Para asegurar el caudal de aire de diseño en los elementos terminales de un sistema de conductos, es necesario sobredimensionar el caudal del ventilador de una cantidad igual a las pérdidas por exfiltración o infiltración, según la red de conductos sea con presión positiva o negativa, respectivamente.

A fin de ahorrar energía eléctrica, y eventualmente, térmica, es necesario reducir las pérdidas antes mencionadas a valores pequeños, teniendo en cuenta el coste económico.

Las pérdidas son proporcionales a la longitud total de las uniones transversales y longitudinales. A efectos prácticos, debido a la relación entre longitud de las uniones y el área de la superficie metálica de los conductos, las pérdidas pueden considerarse proporcionales a esta área.

Con la misma disposición de la figura 1, del Anexo A, estando las válvulas A y C abiertas, las válvulas B y D cerradas, y cerrada también la compuerta sobre el óido de aspiración, se arranca el ventilador.

Se abre gradualmente la compuerta hasta tanto se lee una presión sobre el manómetro igual a la máxima presión de trabajo de la red de conductos en examen:

$$P'''p = P \quad \text{(Pascales)}$$

Cuando se haya alcanzado esta presión de prueba, se cierra la válvula C y, gradualmente, se abre la válvula D.

En estas condiciones, válvulas B y C cerradas y A y D abiertas, la lectura del manómetro indica la pérdida de presión a través de la brida taladrada.

El caudal de aire debido a escapes en la red de conductos en prueba se obtiene con el procedimiento indicado en el Anexo B.

La relación entre el caudal de pérdidas qp determinado por medio de la prueba y el área A de la superficie lateral de la red de conductos en prueba está expresada mediante la relación:

$$\frac{q_p}{A} \leq f \qquad (1)$$

Donde: f es el factor de fugas o pérdidas, cuyo valor depende de la presión de prueba (véase Anexo O y de la clase de conductos, según la expresión:

$$f=m \times p^{0.65} \qquad (2)$$

El coeficiente m tiene los siguientes valores:

dase de conductos	Coeficiente m
B.1, B.2 y B.3	**16x 10^-6**
M.1 y M.2	**8x 10^-6**
M.3	**4 x 10^-6**
A.1	**2 x 10^-6**

Para el cálculo del área A, antes simplemente definida como la superficie lateral de la red de conductos en prueba, deberá considerarse que a la superficie de conductos y de sus piezas especiales habrán de sumarse las superficies de los eventuales accesorios como sigue:

- compuertas hasta dos alabes, con ejes que sobresalen del marco: el área a considerar será igual a la superficie lateral del marco;
- compuertas de tres o más alabes, con ejes que sobresalen del marco: el área a considerar será igual a diez veces la superficie lateral del marco;
- baterías de intercambio térmico: el área a considerar será igual a diez veces la superficie frontal multiplicado por el número de filas.

La prueba de estanquidad se efectuará sin estar instalada la unidad de tratamiento de aire o de ventilación, ni las unidades terminales.

La prueba se considerará finalizada cuando el caudal medido q_p resulte igual o inferior al valor determinado por la siguiente ecuación:

$$q_p \leq m \times A \times P^{0.65} \qquad (3)$$

Si las fugas de caudal fueran superiores al valor así calculado, se deberá proceder a un reconocimiento de las uniones transversales y longitudinales de la red de conductos, localizar las fugas por medio de agua jabonada, sellar las uniones defectuosas y proceder a otra prueba.

Cuando la presión de trabajo de la red de conductos sea negativa, se considerará su valor absoluto y se procederá de la forma descrita anteriormente.

Durante la prueba, la presión de trabajo será mantenida constante dentro de un limite de ± 10 Pa durante 5 minutos por lo menos. Las lecturas de caudal, al menos cinco, se efectuarán a intervalos regulares de tiempo y entre cada lectura y el valor medio de todas no podrá haber una diferencia superior a ± 2% del mismo valor medio.

Los resultados de los ensayos se reflejarán en una hoja como la que se indica en el Anexo O.

7 AISLAMIENTO TÉRMICO de CONDUCTOS

7.1 CRITERIO PARA REVESTIMIENTO INTERIOR

Los conductos metálicos que requieran ser aislados interiormente, bien sea por razones acústicas o bien por cuestiones térmicas, en general deberán ceñirse a la norma UNE 100172-1989

7.2 CRITERIO PARA AISLACIÓN EXTERIOR

Los conductos metálicos que requieran de aislamiento térmico exterior, en general deberán ceñirse a la norma UNE 100171.1989, la cual en sus aspectos pertinentes más importantes indica lo siguiente:

7.3 Conductos

Los conductos de chapa metálica se aislarán exteriormente con mantas o fieltros, dotados o no de barrera antivapor; la junta longitudinal coincidirá con la parte inferior del conducto.

El material se sujetará por medio de mallas metálicas, previa la aplicación de un adhesivo no inflamable sobre la superficie del conducto, para evitar la formación de bolsas de aire entre el conducto y el aislamiento, o simplemente con adhesivo.

Durante el montaje se evitará que el espesor del material se reduzca por debajo de su valor nominal.

Cuando el conducto transporte aire húmedo a temperatura elevada, pueden presentarse situaciones en las que tenga lugar formación de condensaciones sobre la superficie interior o en el interior de la estructura del material aislante. En este caso, las uniones longitudinales y transversales del conducto de chapa deberán estar selladas debidamente a fin de que el mismo conducto constituya una barrera antivapor, que impida la migración del vapor de agua desde el interior. Cuando se trate de conductos de fibra o de conductos aislados interiormente, deberá instalarse una barrera antivapor sobre la cara interior del conducto.

7.4 Aparatos

Los aparatos se aislarán exteriormente con mantas flexibles o planchas semirrígidas, con o sin barrera antivapor según sea la temperatura del fluido en contacto con la superficie exterior del aparato, o bien con procedimiento de inyección de material en estado líquido en la cámara formada por la superficie exterior del aparato y recubrimiento metálico exterior de protección.

Cuando el material aislante sea manta de fibra de vidrio o lana de roca, la fijación del material se hará por medio de agujas soldadas o pegadas a la superficie exterior del aparato o a unas abrazaderas transversales. La longitud de las agujas, de unos 2 a 3 mm de diámetro, será igual al espesor del material aislante; su número será de, al menos, 10 por metro cuadrado. La manta se sujetará por medio de plaquitas de unos 30 mm de lado.

Cuando el material esté constituido por planchas de un material orgánico celular, la fijación a la superficie se hará por medio de un adhesivo de las características indicadas por el fabricante.

7.5

8 BARRERA ANTIVAPOR

La barrera antivapor es el elemento del aislamiento que reduce la transferencia de vapor de un medio a otro. La eficiencia dependerá de su permeabilidad y de su posición en el seno de la masa aislante.

Cuando la temperatura en algún punto de la masa aislante pueda descender por debajo del punto de rocio del aire, con consecuente formación de condensaciones, la cara del material aislante en contacto con el aire a tensión de vapor más elevada deberá estar protegida por una barrera antivapor, si el material lo precisa.

La barrera se situará en la cara exterior del aislamiento cuando la conducción o aparato esté recorrido por un fluido a baja temperatura y en la interior cuando el aire interior tenga tensión de vapor superior a la del aire del ambiente.

Los materiales aislantes instalados sobre equipos y conducciones en cuyo interior esté un fluido a temperatura inferior a 15 °C llevarán siempre una barrera antivapor sobre la cara exterior del aislamiento.

La barrera tendrá una resistencia teórica al paso del vapor igual a 100 MPa x m^2 x s/g, como mínimo.

La eficiencia de la barrera antivapor se reduce fuertemente cuando existan discontinuidades como, por ejemplo, juntas deficientemente selladas, falta de solape, insuficiente espesor del material de la barrera, expansión térmica no compensada, esfuerzos mecánicos aplicados desde el exterior, envejecimiento, etc.

Por lo tanto, se cuidará con esmero el cierre de las juntas de la barrera antivapor, sea ésta incorporada al material aislante o no, disponiendo de amplios solapes.

Si la barrera se efectuara con productos viscosos, éstos se extenderán sobre el aislante, previa colocación de una armadura de adecuada resistencia mecánica (como tela de cáñamo, algodón o fibra de vidrio) con pistola, pala, pincel o al guante, de forma continua, hasta el espesor necesario para alcanzar la resistencia al paso de vapor arriba indicada.

Cuando la pantalla de estanquidad al paso de vapor se realice con cartón bituminoso u hoja metálica, éstas se enrollarán alrededor del aislante y se soldarán de manera continua.

Los materiales orgánicos de célula cerrada pueden actuar como barreras antivapor cuando las juntas estén perfectamente selladas con material resistente al paso de vapor y su resistencia, calculada como producto entre el espesor del material y su resistividad al vapor, no sea inferior a la indicada arriba.

9 PROTECCION EXTERIOR

El material aislante y, eventualmente, la barrera antivapor, se protegerán mediante un revestimiento exterior cuando estén expuestos a acciones mecánicas o/y a las inclemencias del tiempo.

La protección del aislamiento deberá aplicarse siempre en estos casos:

- en equipos, aparatos y tuberías situados en salas de máquinas;
- en tuberías situadas en pasillos de servicio, a la vista;
- en equipos, aparatos y conducciones instalados al exterior.

En este último caso se situarán las juntas longitudinales de tal manera que se impida la penetración de la lluvia entre el acabado y el aislamiento. En particular, en el caso de conducciones, la junta longitudinal se situará en un ángulo de 30 grados de un lado u otro de la generatriz inferior.

La protección podrá estar compuesta por láminas preformadas de materiales plásticos, chapas metálicas (acero galvanizado, aluminio. cobre), recubrimientos de cemento blanco o yeso sobre soportes de sustentación, cartones bituminosos y quedará firmemente anclada al elemento aislado.

Todos los elementos de forma, como codos, tapas, fondos de depósitos e intercambiadores, derivaciones, etc, se realizarán por medio de segmentos individuales engatillados entre sí.

8 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 100-101 - *Conductos para transporte de aire. Dimensiones y tolerancias.*

UNE 100-102 - *Conductos de chapa metálica. Espesores. Uniones. Refuerzos.*

UNE 100-103 - *Conductos de chapa metálica. Soportes.*

UNE 100-104 - *Climatización. Conductos de chapa metálica. Pruebas de recepción.*

SMACNA Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association Inc.
3rd Edition 2005 - *HVAC Duct Construction Standards, Metal and Flexible.*

MINVU Norma Técnica NTM 001- Resolución exenta Nº 8956 del 5/12/2013.
Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales. Ítem 9.8 Ductos, página 59-60.