

CAPITULO 8

SANEAMIENTO

1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

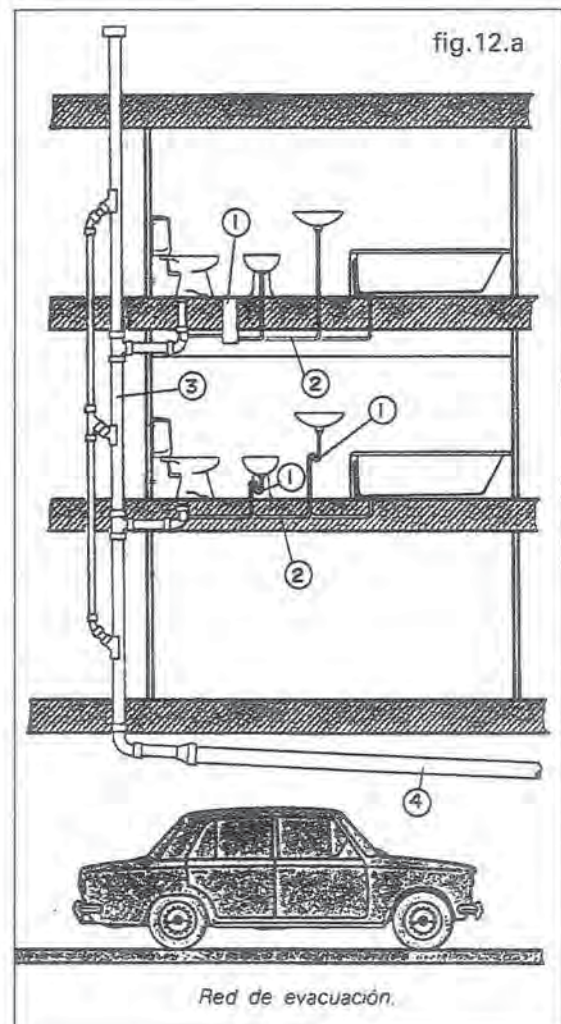
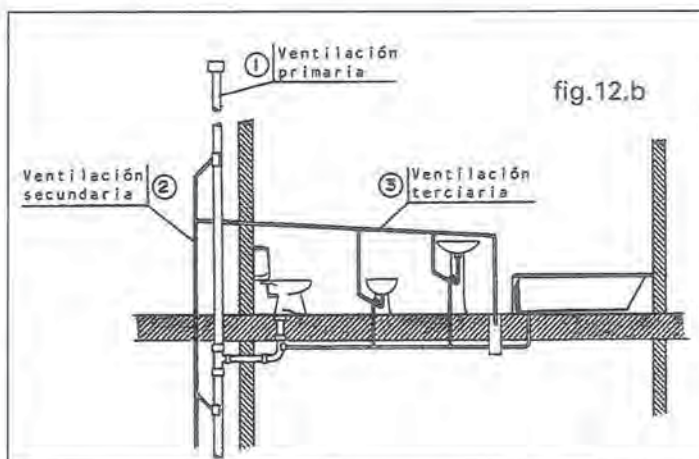
1.1. Definiciones y funciones de las redes de evacuación y de ventilación

La finalidad de una red de evacuación es la de conducir hacia el exterior las aguas usadas y fecales sin causar molestias, por humedades, ruidos y malos olores, a los ocupantes del edificio.

Una red de evacuación está constituida, esencialmente, por los siguientes elementos (fig. 12.a):

1. Los cierres hidráulicos (botes sifónicos o sifones, individuales o colectivos), que sirven al propósito de aislar el aire contenido en la red de evacuación del aire de los espacios ocupados.
2. La red de pequeña evacuación, que tiene la misión de conducir las aguas usadas desde los cierres hidráulicos hacia las bajantes, con un recorrido que, en su mayor parte, es sensiblemente horizontal
3. Las bajantes, o columnas, que conducen las aguas usadas y fecales hacia las partes bajas del edificio.
4. Los albañales, que recogen las aguas de las bajantes y, con un recorrido en ligera pendiente, las llevan hacia el exterior.

Junto con la red de evacuación de aguas usadas y fecales hay que mencionar la red de ventilación, sin cuya presencia, la primera tendría un funcionamiento, cuanto menos, problemático.



En las redes de ventilación se distinguen tres partes (Fig. 12.b):

1. La ventilación primaria, es la parte de tubería que comunica la columna de desagüe con el ambiente exterior.
2. La ventilación secundaria, es la columna que, en general, corre paralela a la bajante y se conecta a ella en sus extremos, por lo menos.
3. La ventilación terciaria, es la red que comunica los cierres hidráulicos con la columna de ventilación secundaria.

Sin embargo, las redes de evacuación de aguas pluviales están constituidas simplemente por calderetas o canalones, que son los elementos de recogida de las aguas de la cubierta, que se vierten después a las columnas y éstas, a su vez, a los albañales, o red de saneamiento, y no necesitan de ningún tipo de ventilación, como se verá más adelante.

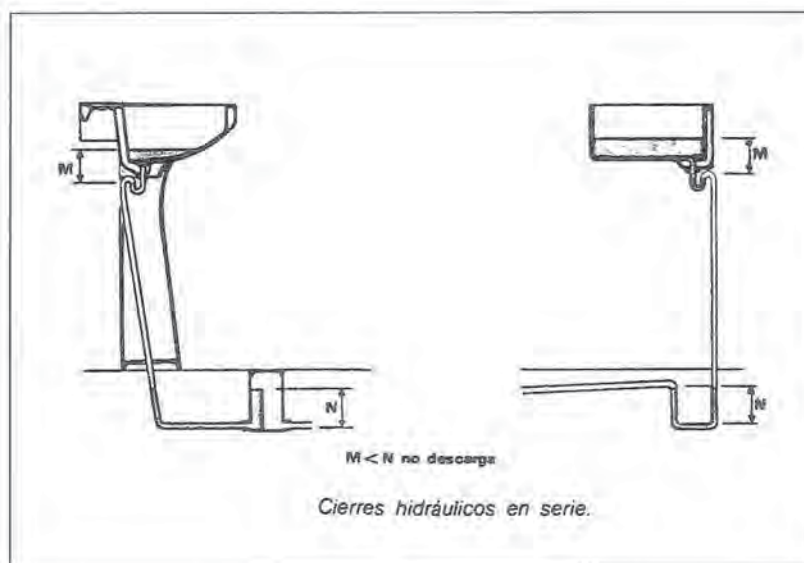
A lo largo de este capítulo se repetirán, en distintas ocasiones, algunos conceptos fundamentales, para evitar errores en el diseño de este tipo de redes. A continuación se enuncian simplemente, ya que el lector encontrará las razones de estas afirmaciones en la segunda parte:

1.1.1. Cierres hidráulicos

Los cierres hidráulicos, cuya misión es evitar el paso de malos olores de la red a los locales, deben ser fácilmente inspeccionables, porque, por su constitución, en ellos puede depositarse la materia sólida que lleve el agua en suspensión.

No se deben instalar dos sifones en serie, porque la bolsa de aire que se formaría en la tubería de conexión entre los dos dificultaría o, incluso, impediría el fluir del agua hacia la red de desagüe (Fig. 12.c).

fig.12.c



Es conveniente que el tramo de tubería entre la descarga del aparato y el sifón sea lo más corto posible, para reducir desprendimientos de malos olores, aunque este problema se minimiza cuando se usan tuberías de materiales plásticos.

Por todo ello, es recomendable instalar un sifón por cada aparato, si bien una estudiada ordenación de éstos permite utilizar un bote sifónico para varios sanitarios.

No se debe utilizar un bote sifónico como pozo de resalte para recuperar cota en la red de pequeña evacuación, a fin de evitar que las conducciones aguas-arriba se inunden. Tampoco es aconsejable esta práctica en las redes de saneamiento.

Es muy conveniente que los sifones estén adecuadamente ventilados para evitar que se pierda el cierre hidráulico y, en consecuencia, la entrada de malos olores en los locales, excepto en casos excepcionales como aparatos en batería, tramos largos de pequeña evacuación, etc., como se explicará en el punto 12.2 del presente capítulo.

1.1.2. Red de pequeña evacuación

Un diseño óptimo de la disposición de los aparatos sanitarios, en relación con la posición de las bajantes, hace que la red de pequeña evacuación se reduzca al mínimo, sobre todo en su parte horizontal.

No se olvide que las molestias que se causan a los usuarios, por parte de la instalación de fontanería, dependen, en gran medida, de la red de pequeña evacuación.

1.1.3. Bajantes

La situación de la bajante fecal en un cuarto de baño es fundamental para el buen funcionamiento de la instalación. La bajante y el inodoro deben situarse lo más cerca posible y, al mismo tiempo, en una posición más o menos baricéntrica con respecto a los otros aparatos.

Este criterio es tan importante que, a veces, es conveniente crear más de una bajante para aparatos dispuestos en un mismo local, o en locales contiguos, que disponer de un solo punto de evacuación.

1.1.4. Albañales

También en el diseño de la red de albañales es importante reducir los recorridos recogiendo las aguas procedentes de las bajantes en un punto baricéntrico.

Se deben dejar registros en cada cambio de dirección, y, en tramos rectos, cada seis metros por lo menos, siempre en lugares fácilmente accesibles.

Cuando parte de los aparatos sanitarios estén situados por debajo de la red del alcantarillado municipal, es preciso evacuar por gravedad todos los aparatos que sea posible y crear una segunda red de albañales, que descargará forzosamente en una estación de bombeo.

1.1.5. Red de ventilación

Es frecuente pensar que la red de ventilación es un accesorio costoso y superfluo de un sistema de evacuación de aguas fecales. Sin embargo, como se verá en el punto 12.2., la red de ventilación cumple una función importante para el correcto funcionamiento de la red de evacuación.

Las denominaciones de primaria, secundaria y terciaria de las tres partes en las que se ha subdividido la red de ventilación no obedecen a un orden de importancia.

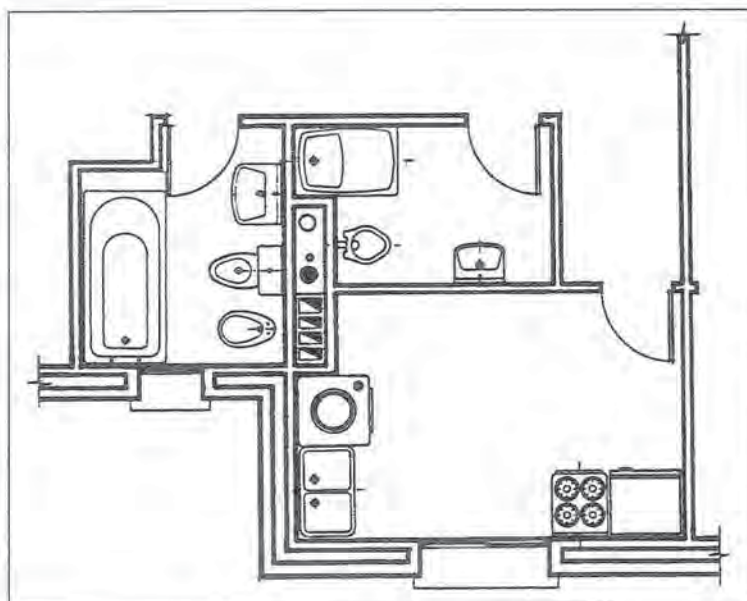
Se volverá a insistir sobre estos conceptos, cuando se entre en el detalle del dimensionado de las distintas partes de esta red.

1.2. Disposición de los locales donde exista agua

El diseño de una instalación de fontanería empieza por la disposición de los espacios donde exista agua: cuartos de baño, aseos, cocinas y lavaderos, etc.

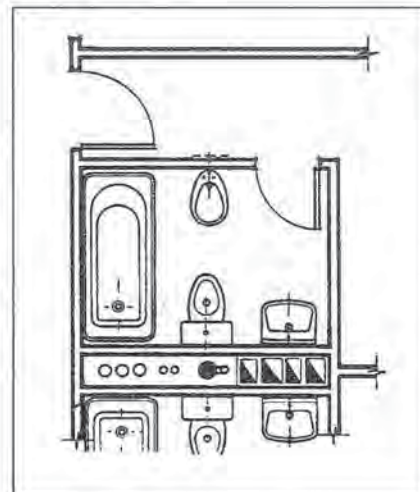
Si se fija la atención en los edificios de vivienda, es evidente que conviene siempre emparejar los locales donde existe agua, para concentrar en un solo punto ciertos tipos de redes que pueden ser comunes (desagües, ventilación de locales, red de agua, etc.). (fig.12.d)

fig 12.d



Es típico el caso de los modernos hoteles, donde siempre se unen los cuartos de baño de dos en dos (Fig. 12.e).

fig.12.e



La disposición de los servicios en la pared de separación de dos espacios de usos iguales o similares evita, además, que éstos sean dispuestos en sitios donde se puedan crear ruidos molestos; piénsese, como por ejemplo, en una bajante fecal dispuesta en la cercanía de la cabecera de una cama.

Los aparatos y conducciones, que inevitablemente, producen ruidos al efectuar su descarga y llenado, deben estar situados lejos de los lugares de estancia o reposo.

Otro punto importante a tener en cuenta es la posibilidad de dejar registros de inspección.

Es conveniente que todas las columnas de una instalación de fontanería, de acometida y desagüe, tengan un registro en cada planta, como es práctica común en instalaciones hoteleras.

El emparejamiento de los espacios reduce el número de registros y hace posible su colocación en locales menos nobles del inmueble, en el mismo cuarto de baño, en un pasillo, etc.

Por último, huelga decir que los aseos y cocinas de las distintas plantas deben estar en columna. Los locales de agua desperdigados en el edificio, obligan a multiplicar el número de bajantes o a diseñar grandes recorridos horizontales, lo que constituye una molestia y pérdida de volumen para los locales que están situados por debajo.

En los edificios destinados a hoteles, es práctica deseable proyectar una entreplanta, llamada también planta técnica o planta enana, emplazada entre la planta noble y la planta primera de habitaciones, en la cual se recogen todas las aguas pluviales y fecales y se distribuyen las aguas fría y caliente, de tal manera que, en caso de rotura, no se causen molestias a los ocupantes.

1.3. Disposición de los aparatos sanitarios

Nos limitaremos a los espacios sanitarios para edificios residenciales, ya que sería numerosa la casuística a considerar para edificios de otros usos.

Las figuras 12.f a 12.l, ilustran una serie de situaciones típicas en viviendas y hoteles.

Antes de comentar los criterios generales que se deben seguir en la disposición de los aparatos, hay que hacer hincapié sobre la conveniencia de prever un patinejo inspeccionable para contener las instalaciones verticales.

La posibilidad de que estas instalaciones sean fácilmente inspeccionables disminuye el costo de las molestias a los usuarios.

Las dimensiones del patinillo, en general, son muy pequeñas, dependiendo de los servicios que deban contener. Con unas medidas comprendidas entre 20 y 30 cm. de anchura, y una longitud mínima de 60 cm. se pueden alojar las tuberías de acometida de agua fría y caliente, retorno de agua caliente, bajantes, columna de ventilación e, incluso, un bote sifónico.

Con dimensiones mayores, se alojan también conductos de ventilación y tuberías para calefacción y refrigeración.

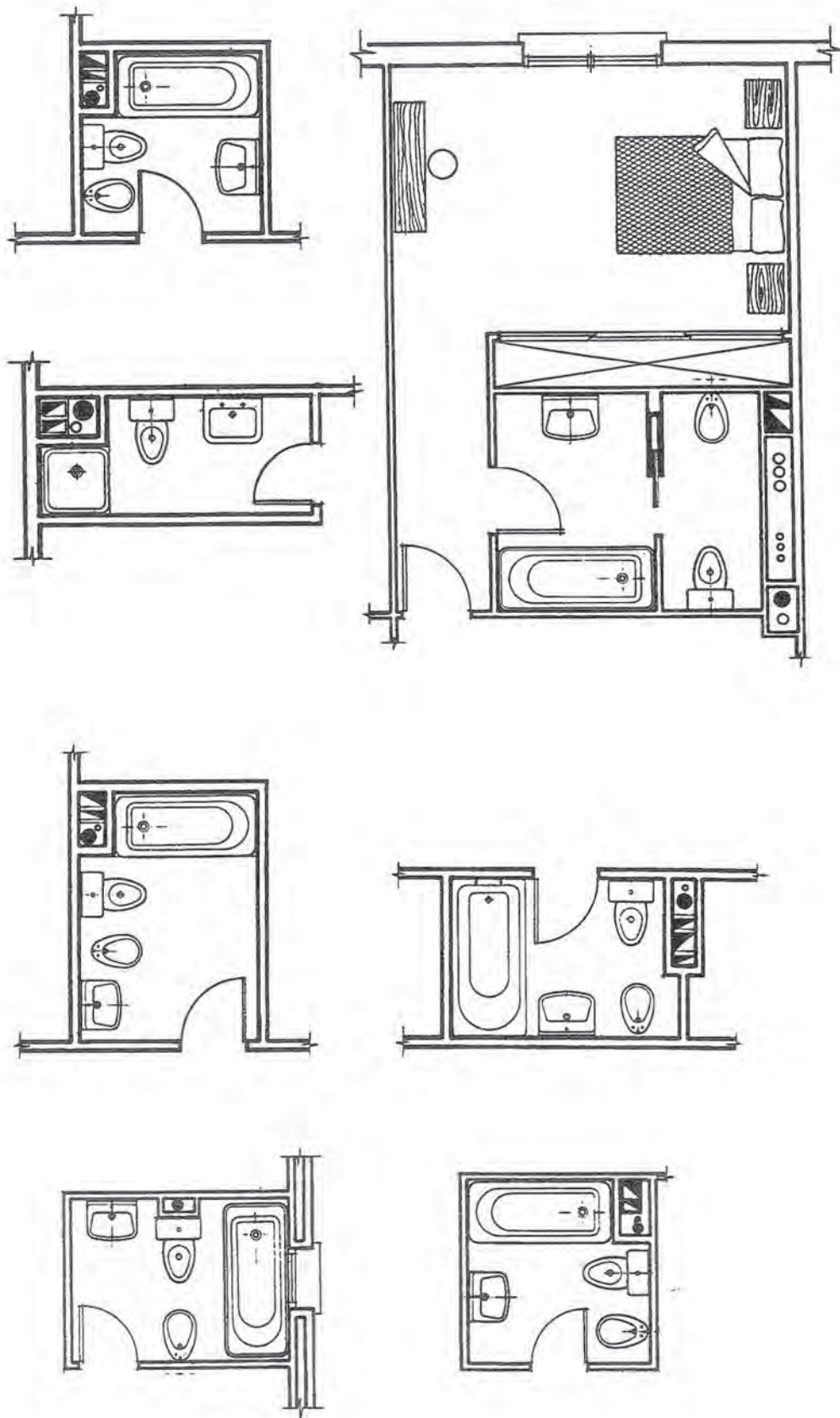


fig.12.f.g.h.i.j.k.l.

Los aparatos sanitarios deben instalarse de forma funcional alrededor de este patinillo, para acortar, lo máximo posible, la red de pequeña evacuación (Fig. 12.m).

Los ejemplos ilustran claramente estos conceptos. Nótese que el inodoro está siempre muy cerca de la posición de la columna de desagüe, en todo caso, pegado al patinillo. El manguetón del inodoro debe ser lo más corto posible incluso cuando es de acción sifónica, teniendo en cuenta los condicionantes de este tipo de inodoros.

A la hora del cálculo y dimensionado de la estructura, se deberá prever la posición de los patinejos para evitar la interferencia de las conducciones con vigas y pilares.

Se notará cómo, en casi todos los ejemplos, la red de pequeña evacuación se reduce a tramos muy cortos, que van del sifón del aparato o del bote sifónico común, a la columna.

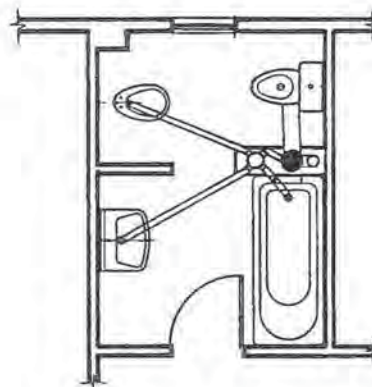
Es aconsejable que el cierre hidráulico de la bañera, o del plato de ducha, se haga mediante un bote, ya que esta solución admite una inspección que no se puede realizar fácilmente con el sifón debajo de la válvula de desagüe. En este caso, la distancia entre la bañera y el bote debe reducirse al mínimo, para cumplir con el imperativo, común para todos los aparatos, de que el sifón debe instalarse lo más cerca posible de la válvula de desagüe.

1.4. Colocación de las bajantes

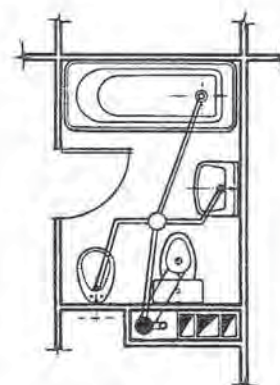
Una vez distribuidos los aparatos en los cuartos de baño, la posición de la bajante está casi determinada.

Siguiendo el criterio de reducir al mínimo los recorridos de las tuberías de pequeña evacuación, resulta evidente la necesidad de situar la columna de desagüe en una posición equidistante con respecto a los aparatos y, además, muy cerca del retrete (Fig.12.n).

fig.12.m.



Disposición de los aparatos alrededor del patinillo.



Disposición idónea de la bajante.

fig.12.n

Cuando concurren ciertas circunstancias de disposición de aparatos sanitarios y dimensiones de cuartos de baño, particularmente cuando éstos están acoplados de dos en dos, puede ser conveniente la creación de dos columnas de desagüe, por razones económicas.

1.5. Ordenación de la red de pequeña evacuación

Se ha repetido en distintas ocasiones la necesidad de reducir al mínimo el desarrollo de la red de pequeña evacuación. Las razones se explican a continuación:

- Se reduce la posibilidad de molestias en el piso inferior debidas a ocasionales averías.
- Se puede llegar a eliminar el falso techo si la red de pequeña evacuación se aloja en el interior de un patinejo de mayores dimensiones (bloque técnico).
- Se puede dar a cada uno de los ramales la pendiente adecuada hacia la columna de desagüe.
- Se reduce la cantidad de tubería y la mano de obra de montaje, reduciendo, en consecuencia, los costes.

- Se puede conducir cada uno de los ramales de desagüe directamente a la columna, cuando se utilicen sifones individuales, o bien al bote sifónico común, cuando sea éste el cierre hidráulico empleado.

A las ventajas antes enumeradas hay que añadir otra: se reduce la red de ventilación terciaria, ya que, evidentemente, los sifones de los aparatos quedan concentrados en un pequeño espacio.

1.6. Albañales y red de saneamiento

Otro de los puntos, que puede ser conflictivo, de las redes de evacuación son los colectores que unen las columnas y conducen las aguas al exterior del edificio.

Los colectores suspendidos de los forjados de las plantas inferiores, usualmente la planta baja o uno de los sótanos, se denominan albañales, mientras que los que van enterrados forman la comúnmente denominada red de pocería o saneamiento.

Es buena práctica reducir los recorridos horizontales de estas redes al mínimo y conducirlos por el camino más corto fuera del edificio, porque, al igual que con las redes de pequeña evacuación, es justamente en los recorridos horizontales donde puede tener lugar un atasco.

1.7. Conexión de las redes de evacuación con el exterior

Se entiende con el término de "aguas usadas" las que no contienen materias fecales; procedentes, por tanto, de la descarga de lavabos, bañeras, bidets, fregaderos, lavadoras, lavavajillas, etc.

La British Standard, en su Code of Practice CP 304, edición de 1968, preveía aún la posibilidad de la subdivisión entre aguas usadas y aguas fecales, como era habitual hace ya muchos años, aunque admitía que ya entonces se usaba raramente.

Por aquella época no se conocían muy bien los fenómenos que tenían lugar en una red de desagüe y no se ventilaban adecuadamente los sifones. En las redes de evacuación con una sola columna, sin red de ventilación, era fácil la pérdida del cierre hidráulico de los sifones, sobre todo cuando descargaban los inodoros.

La subdivisión de las bajantes, con inodoros en una columna y lavabos, bañeras y bidets en otra, evitaba estos problemas.

Los conocimientos que hoy se tienen sobre los fenómenos que tienen lugar en las tuberías de desagüe, que serán cualitativa y cuantitativamente descritos en el punto 12.2 de este libro, permiten usar una sola bajante de desagüe sin ningún inconveniente, logrando así un sensible ahorro económico.

1.7.1. Sistema mixto y separativo en las redes interiores del edificio

En el punto 12.2 se hará ver la importancia de mantener separados los sistemas de aguas pluviales y de aguas usadas y fecales, al menos en el interior del edificio, cuando se hayan explicado los criterios de diseño de cada una de las redes.

Se verá entonces que la descarga de las aguas de lluvia en un sistema mixto puede perturbar el correcto funcionamiento de la red de evacuación, sobre todo cuando los caudales de agua de lluvia igualen o sobrepasen los valores previstos, lo que puede provocar la pérdida del sello hidráulico.

De todas formas, se darán tablas para el cálculo de albañales de sistemas mixtos.

En consecuencia, se recomienda mantener separados los dos sistemas en el interior del edificio, por lo menos en cuanto a columnas se refiere y, eventualmente, unirlos en el albañal o mejor, en el exterior del inmueble.

1.7.2. Unión con la red general de saneamiento

Cuando se trata de unir la red, o las redes, de evacuación de un edificio al saneamiento genereal, hay que distinguir tres casos:

a) En ausencia de alcantarillado público

Se deben mantener separados los sistemas de evacuación de aguas fecales y usadas con las pluviales.

Las aguas fecales y usadas se llevarán a una estación depuradora y las pluviales se verterán sobre el terreno.

No es buena práctica llevar los tres tipos de aguas a la estación depuradora, porque ésta, si está dimensionada para los caudales generados por los aparatos sanitarios, podría "ahogarse" en los períodos de fuerte lluvia y no cumpliría con su función.

b) En presencia de dos redes de alcantarillado público

Es un caso que, desafortunadamente, se da muy poco, no sólo en nuestro país, sino en todo el mundo.

Cuando existan dos alcantarillas, una para las aguas pluviales y otra para las fecales, los sistemas de evacuación del edificio estarán separados y se conducirán cada uno a la alcantarilla que le pertenece.

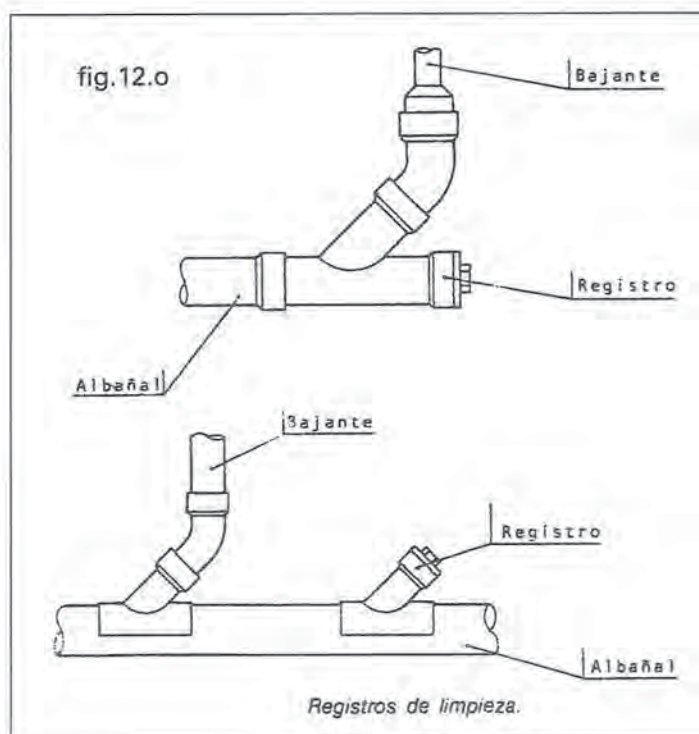
c) En presencia de una sola red de alcantarillado público

Es ésta la situación más frecuente. La red de evacuación de aguas pluviales se puede conectar a la de aguas fecales en el punto más conveniente, preferiblemente fuera del edificio, o en distintos puntos dentro de éste.

En el caso que nos ocupa, la red de evacuación de aguas pluviales debe de estar provista de un sifón, antes de su conexión a la red de aguas fecales, para evitar la salida de malos olores por los sumideros, o bien colocar calderetas sifónicas.

Si no fuera por esta razón, sería conveniente no poner ningún sifón, a fin de obtener una ventilación adicional de la red de evacuación de aguas fecales a través del sistema de evacuación de aguas pluviales.

La razón por la que se insiste mucho en mantener separados los dos sistemas de evacuación en el interior del edificio ha sido explicada anteriormente. Pero otra razón está en el hecho de que la administración, en un futuro más o menos lejano, separe los sistemas para poder eficazmente tratar las aguas fecales. Si el edificio está proyectado con un sistema separativo, no habrá necesidad de hacer alteraciones importantes en su interior el día en que haya que separar los dos sistemas.



1.8. Registros de limpieza

Las mayores posibilidades de obstrucción de las tuberías de evacuación se encuentran en los tramos horizontales, y, en particular, en los cambios de dirección.

Para facilitar los desatracos es necesario instalar unos registros de limpieza en cada cambio de dirección, en las uniones entre tuberías, en la base de cada columna y en los tramos rectos.

Los registros de limpieza en la red de albañales deben ser dispuestos como indica la figura 12.o, siempre en el sentido del flujo de las aguas. Delante de cada registro hay que dejar un espacio suficiente para un fácil acceso.

1.9. Válvulas de retención o no retorno

Puede existir peligro de retorno de agua dentro del edificio cuando la alcantarilla pública se sobrecarga, particularmente cuando ésta recibe aguas fecales y pluviales, o sea, es de tipo mixto.

Para prevenir la posible inundación del edificio, es necesario instalar válvulas de no retorno en las tuberías que proceden de aquellos aparatos que están por debajo del nivel máximo que pueden alcanzar las aguas.

Estas válvulas de retención se deben instalar siempre con una válvula de cierre inmediatamente después para poder efectuar su limpieza o reparación. (Fig. 12.p).

fig.12.p

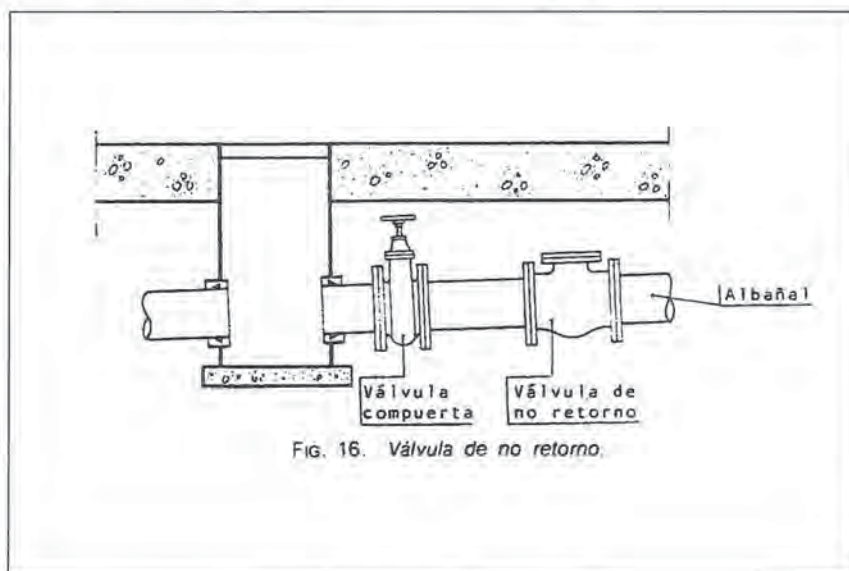


FIG. 16. Válvula de no retorno.

1.10. Desagües especiales

Las aguas de vertido de laboratorios, cocinas industriales, lavanderías, etc. tienen unas características tales que hacen necesario un tratamiento previo a su vertido en la alcantarilla, como, por otra parte, se impone en ciertas Ordenanzas.

El tratamiento puede ser de tipo mecánico, como en los separadores de grasas, aceites o residuos sólidos, o de tipo químico, como ocurre para la eliminación de ciertas sustancias de las aguas de vertido de los laboratorios.

Las características de las aguas a la entrada en la alcantarilla son usualmente fijadas por las Ordenanzas Municipales, excluyéndose las aguas residuales de origen industrial, que normalmente están reglamentadas por disposiciones de rango superior.

Las aguas que necesiten de un tratamiento previo a su vertido a la red no deben mezclarse con las que no lo precisen.

1.11. Sistemas de bombeo

Cuando algún sanitario esté instalado por debajo de la alcantarilla, es necesario prever un dispositivo que sea capaz de elevar el agua de la cota a la que se encuentre hasta la de la alcantarilla.

El sistema de bombeo está constituido por un depósito y sus bombas.

Por razones de economía, nunca deben verterse en el depósito aguas que puedan ser conducidas a la alcantarilla por gravedad y menos aún deben verterse aguas procedentes de lluvia.

Más adelante se dará un método para dimensionar las distintas partes de un sistema de bombeo.

2. TEORIA Y CALCULO DE LAS REDES DE EVACUACION Y VENTILACION

2.1. Flujo en la red de evacuación de aguas fecales

2.1.1. Cierres hidráulicos

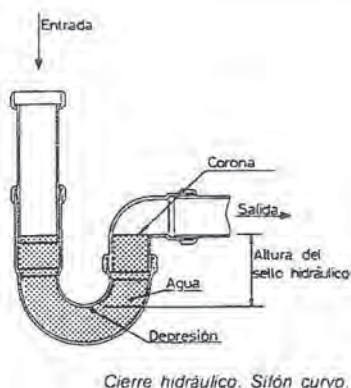
Un cierre hidráulico es un dispositivo que retiene una determinada cantidad de agua que impide el paso de aire fétido desde la red de evacuación a los locales donde están instalados los aparatos sanitarios, sin afectar el flujo del agua sucia a través de él.

Un cierre hidráulico, para poder ser considerado aceptable, debe reunir las siguientes características:

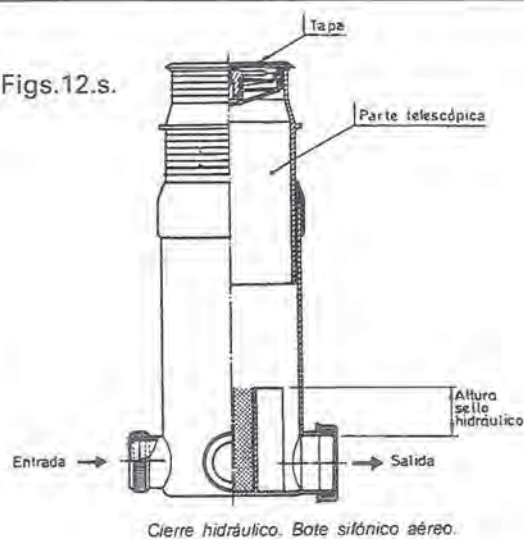
- Su diseño debe ser tal que el agua, en su paso a través de él, arrastre todos los sólidos que contiene en suspensión; en otras palabras, debe ser autolimpiable.
- Debe tener superficies interiores lisas, sin rebabas, para evitar que se agarren a ellas los materiales sólidos.
- El cierre no debe estar encomendado a ninguna parte móvil que pueda en algún caso quedar bloqueada.
- Debe tener un registro de limpieza o bien ser fácilmente desmontable, para proceder a la eliminación de las materias sólidas que, por su naturaleza o tamaño, puedan quedar dentro del sifón.
- Es conveniente tenga un cierre hidráulico de 50 mm. de profundidad (en climas tropicales y para aparatos de uso discontinuo se aconseja aumentar el cierre en 2 o 3 cm., por lo menos).

En las figuras 12.q a 12.t, se indican distintos tipos de cierres hidráulicos.

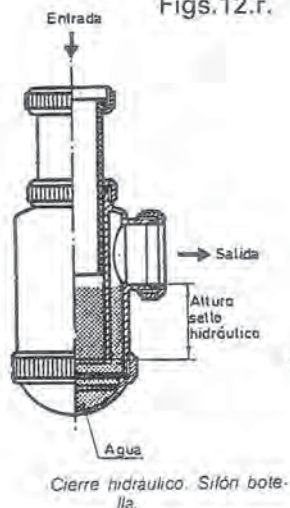
Figs.12.q.



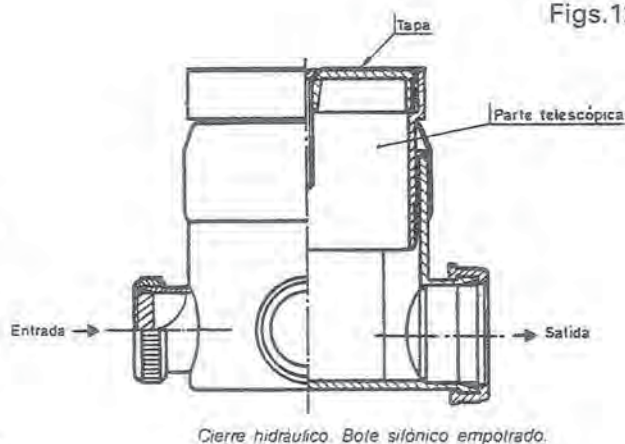
Figs.12.s.



Figs.12.r.

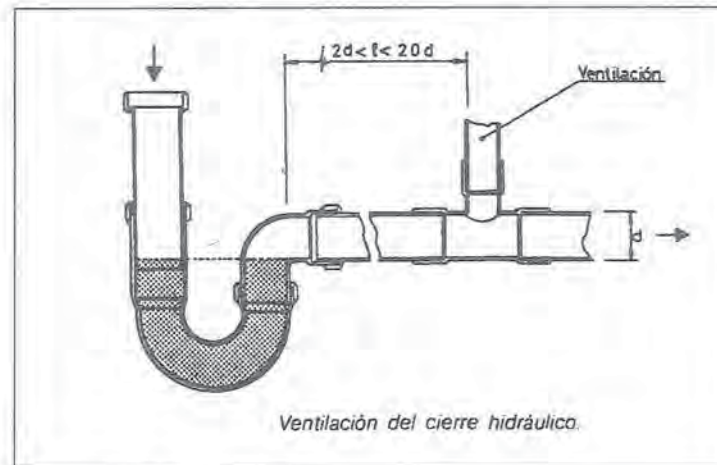


Figs.12.t.



Cuando deba colocarse ventilación terciaria, ésta se conectará a una distancia del cierre hidráulico entre 2 y 20 veces el diámetro de la tubería (Fig. 12.u).

fig.12.u



Esta condición se justifica pensando que cuanto más cerca esté la toma de ventilación de la superficie aguas-abajo del sello hidráulico, más grandes serán las probabilidades de que:

- Se favorezca la evaporación del agua del sello a través del sistema de ventilación.
- Se cierre la apertura de ventilación por las materias sólidas presentes en las aguas, por efecto de la centrifugación hacia la parte superior de la tubería de desagüe.

El cierre hidráulico es la máxima profundidad de líquido que un sifón puede retener en su interior, medida entre la depresión y la corona (Fig. 12.q).

Se ha dicho anteriormente que la profundidad de un cierre hidráulico debe ser de 50 mm. Esto obedece, como se verá más adelante, a que las redes de evacuación y ventilación se calculan de tal manera que se limitan las variaciones de la presión neumática relativa en el sistema a $\pm 250 \text{ Pa}$ ($2'5 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$), equivalentes justamente, a la mitad de la profundidad del cierre hidráulico.

Los sifones deben ser instalados lo más cerca posible de la válvula de descarga del aparato sanitario o en el mismo aparato sanitario, para minimizar la longitud de tubería sucia en contacto con el ambiente. En sentido vertical, la distancia máxima entre válvula de desagüe y corona del sifón debe ser igual o inferior a 0'6 m. para evitar la pérdida del sello debida a la fuerza de descarga del aparato.

Un bote sifónico es un cierre hidráulico que puede servir, al mismo tiempo, a distintos aparatos.

En la adopción de botes sifónicos, se recomienda seguir las siguientes instrucciones:

- no conducir nunca aparatos provistos de sifones a un bote sifónico.
- reducir al máximo la distancia horizontal y vertical entre aparatos y bote sifónico.

2.1.2. Fenómenos de sifonamiento

Se denomina sifonamiento al fenómeno de expulsión del agua fuera del sello hidráulico por efecto de las variaciones de presión en los sistemas de evacuación y ventilación.

Se distinguen dos tipos de sifonamiento:

- el sifonamiento inducido
- el autosifonamiento

a) Sifonamiento inducido

Cuando un sistema de evacuación está en situación de reposo, o sea, cuando no existe ningún aparato sanitario en condición de descarga, sobre las dos superficies de agua de un cierre hidráulico existe la presión atmosférica P_a , es decir, una presión relativa nula (Fig. 12.v.).

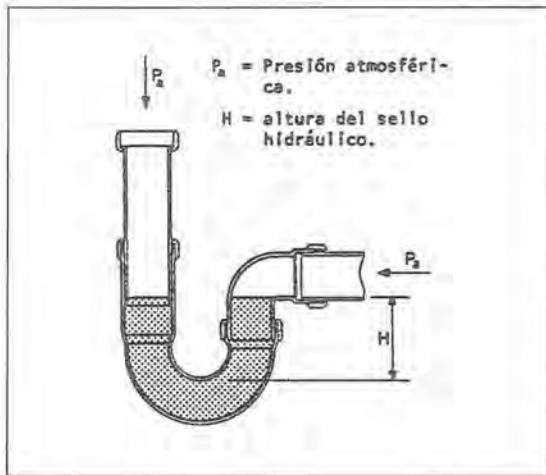
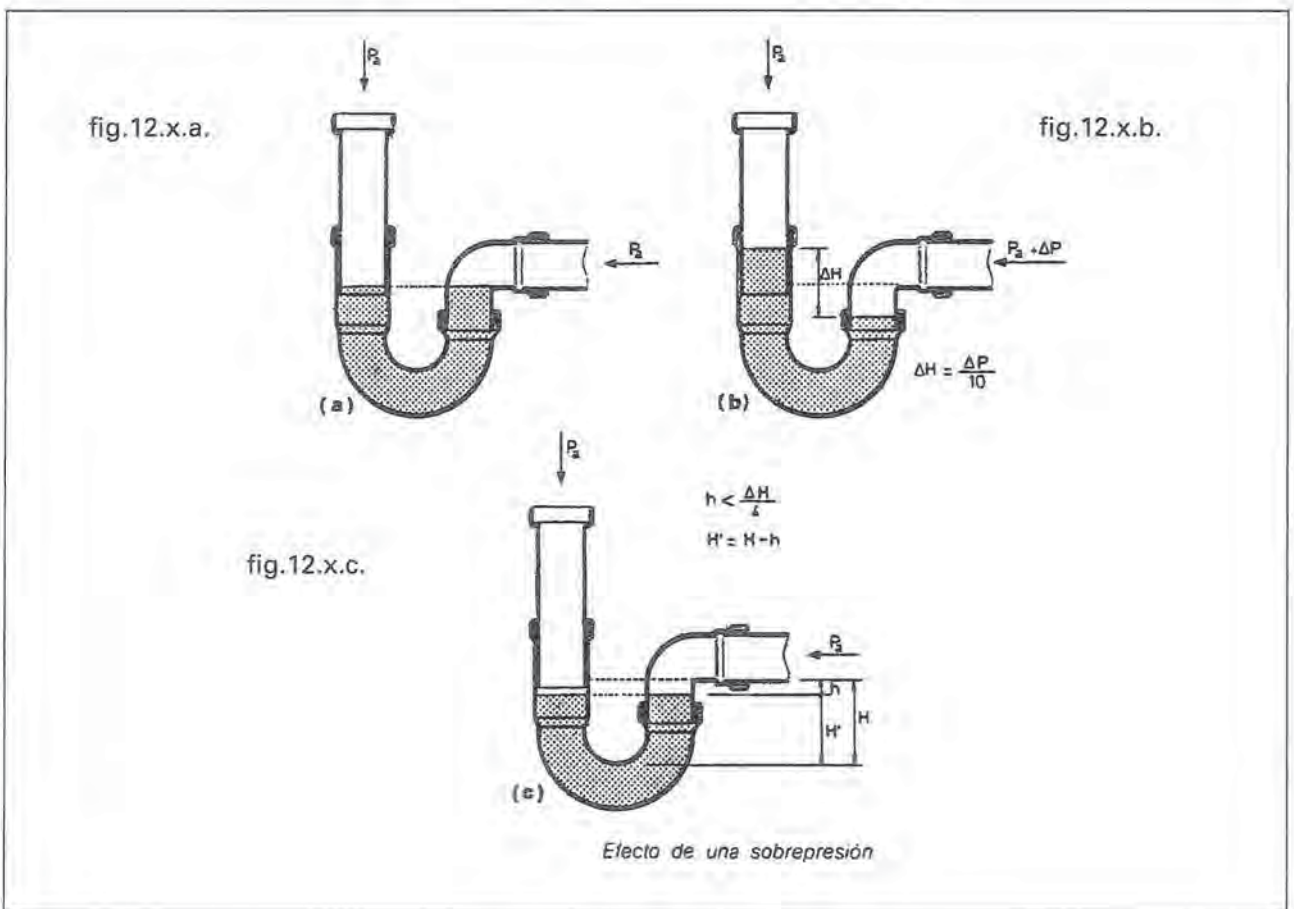


fig.12.v.

Cuando, sin embargo, existe un flujo de agua en cualquier parte del sistema de evacuación, debido a la descarga de un aparato sanitario, se crean unos movimientos de aire en el interior del sistema que, en definitiva, se traducen en oscilaciones de presión.

Estas variaciones de presión se transmiten sobre las superficies aguas-abajo de los cierres hidráulicos, manifestándose en oscilaciones de nivel de agua en los mismos, proporcionalmente a la variación de presión.

Veamos este fenómeno un poco más de cerca, de forma puramente cualitativa.



En la figura 12.x.a se muestra un sifón en condiciones de reposo. Si sobre la superficie aguas-abajo surge una presión relativa positiva (figura 12.x.b., el nivel de agua en el tramo de entrada del sifón subirá proporcionalmente, con respecto al nivel de reposo, 0'5 mm. por cada 10 Pa, aproximadamente, o sea:

$$\Delta H = \Delta P / 10 \quad (\Delta H \text{ en mm.}, \Delta P \text{ en Pa})$$

Al retornar a su posición original, el agua sobrepasa la corona del sifón y parte de su contenido es evacuado hacia la red.

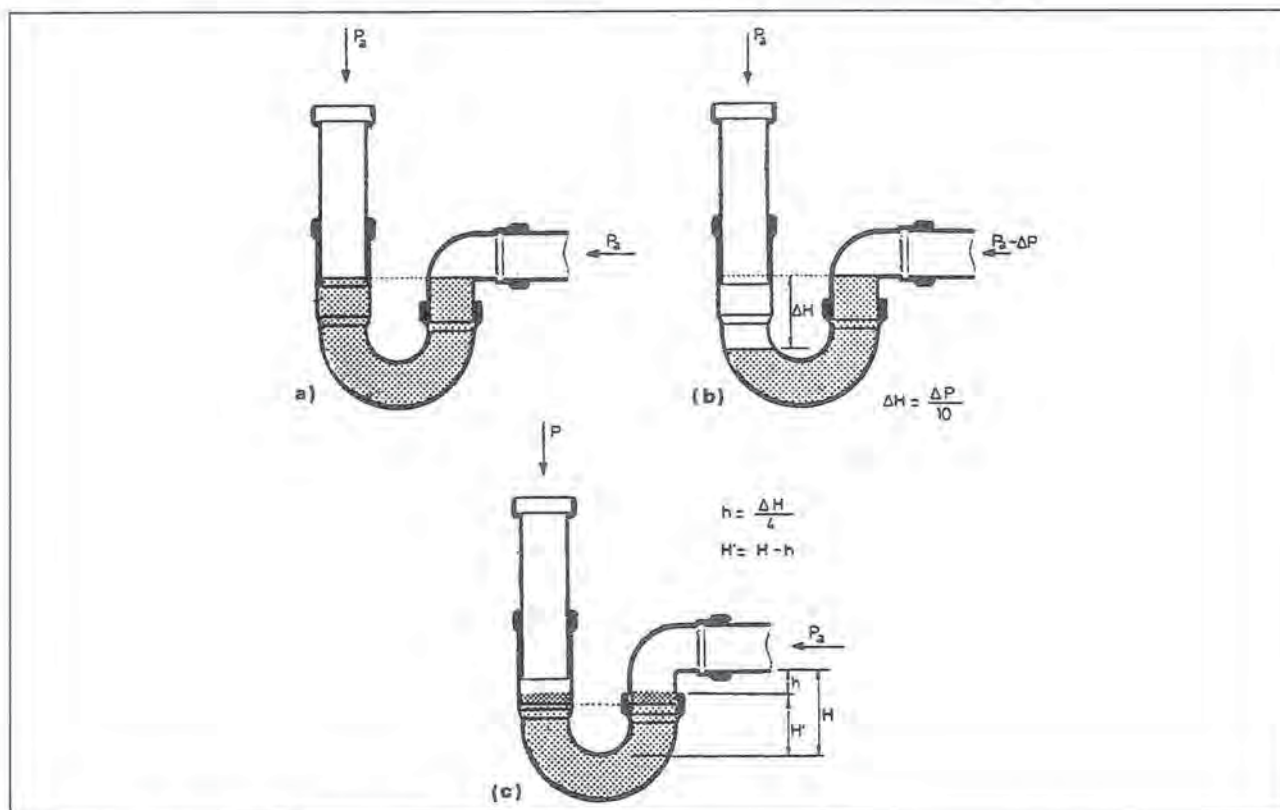
La nueva situación de reposo, indicada en la figura 12.x.c, muestra claramente la pérdida de agua del sello h , debida a esta acción de sobrepresión inducida por la descarga de un aparato sanitario distinto del aparato provisto del sifón en examen.

$$h = H - H' < \Delta H / 4$$

Debido a las pérdidas por rozamiento, resulta que h es un poco menor de un cuarto de ΔH . La altura final del sello hidráulico queda en:

$$H' = H - h$$

El efecto de una depresión se muestra en las figuras 12.y.a, 12.y.b. y 12.y.c. En este caso es siempre $\Delta H = \Delta P / 10$, pero es $h = \Delta H / 4$.



figs.12.y.a,12.y.b.,12.y.c.

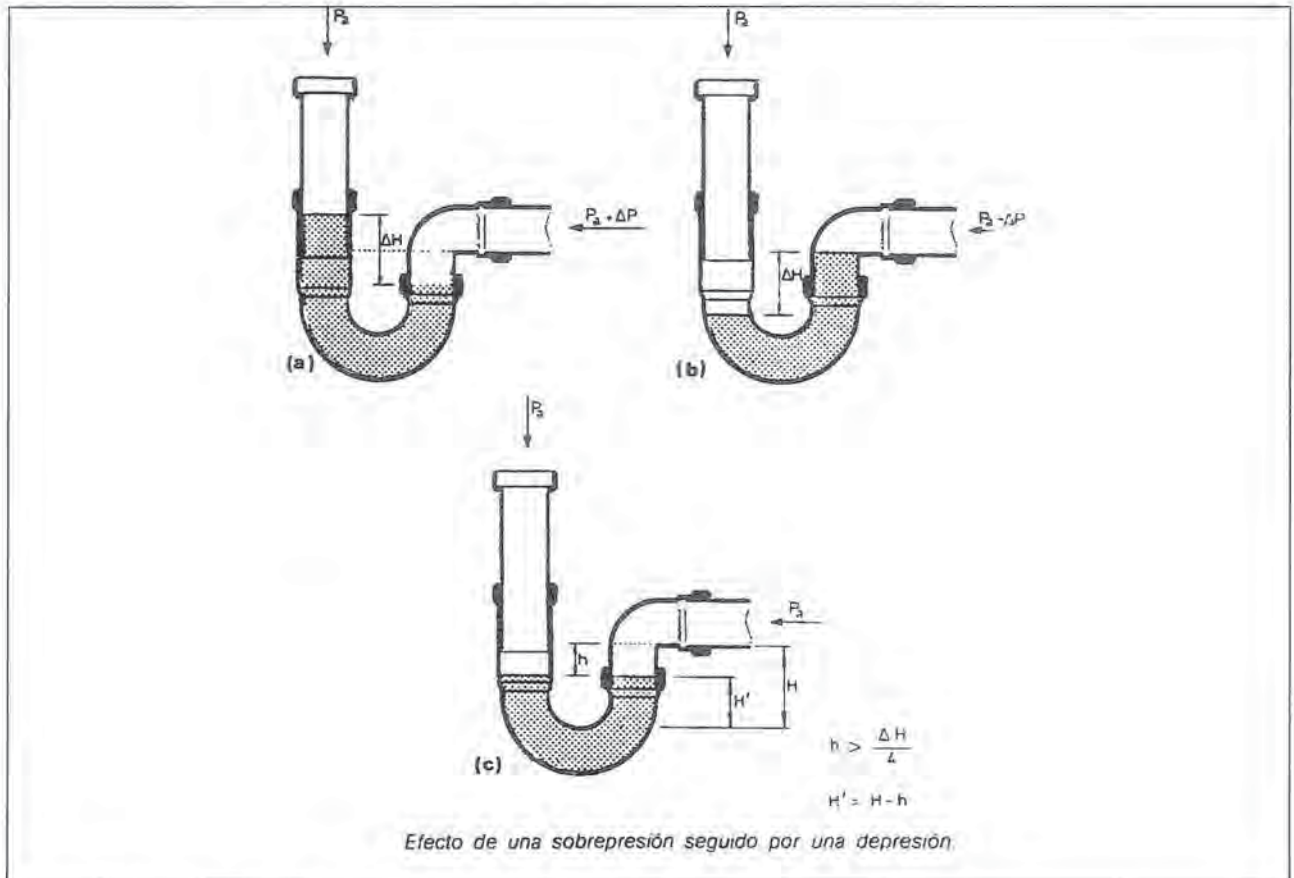
El fenómeno, naturalmente, es aún acentuado cuando sobre el sello hidráulico se ejercen dos acciones consecutivas de signo opuesto (Figs. 12.z.a., 12.z.b. y 12.z.c.); en este caso, la reducción h del sello hidráulico es notable, pudiéndose alcanzar la pérdida de la hermeticidad si la diferencia de presión total es mayor que cuatro veces la altura original del sello.

Dicho de otra forma:

si $\Delta P / 10 > 4 H$
 siendo $\Delta P / 10 = H$,
 resulta $\Delta H > 4 H$

En la hipótesis de que sea $h = \Delta H / 4$.

resulta $h > H$,
 o sea, $H' < 0$



figs.12.z.a,12.z.b. y 12.z.c.

La figura 12.1 ilustra una situación de pérdida de hermeticidad.

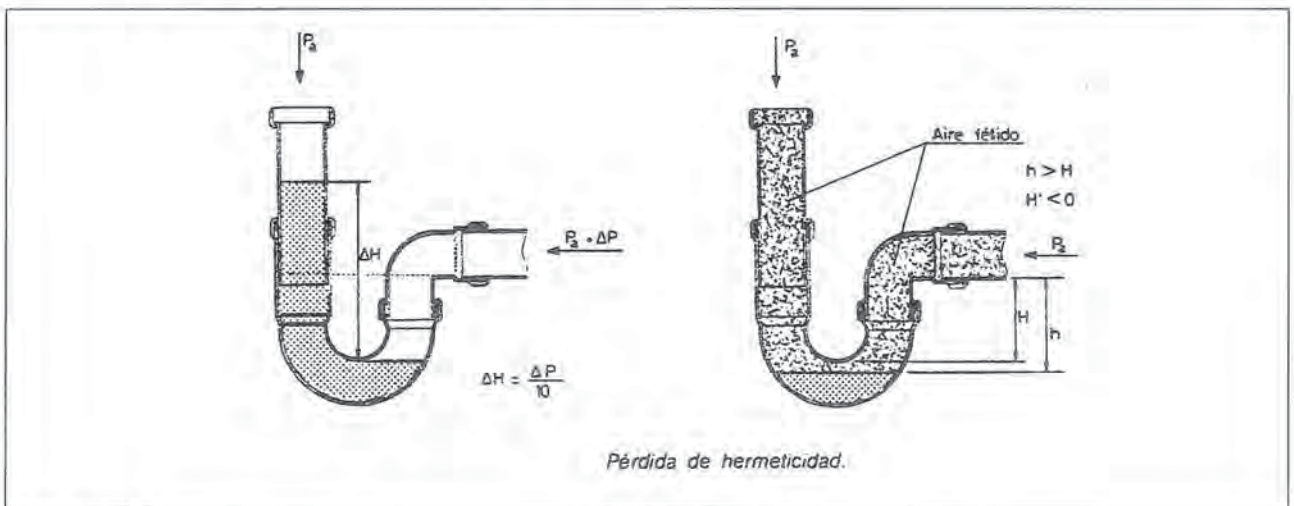


fig.12.1

b) Autosifonamiento

El fenómeno de autosifonamiento no se puede describir de una forma tan sencilla como el sifonamiento inducido.

El caudal de descarga es muy elevado cuando un aparato está lleno de agua y disminuye gradualmente cuando la altura geométrica del agua sobre la apertura de desagüe disminuye.

Si el aparato tiene el fondo plano, como ciertos modelos de lavabos, los fregaderos, las bañeras y los bidets, al final de la descarga existe una "cola" de caudal que, discurriendo con flujo laminar, rellena hasta el máximo el sifón del aparato. La seguridad de que este llenado del sello tenga lugar, es tanto mayor cuanto más grande es el aparato sanitario.

Sin embargo, cuando el aparato es pequeño, como un bidet por ejemplo, o tiene fondo bombeado, como ciertos tipos de lavabos, o concurren las dos circunstancias, el caudal final de descarga disminuye con gran rapidez, provocando un vértice que aspira aire y lo conduce hacia el desagüe en forma de burbujas.

Aparte de este fenómeno, típico de aparatos pequeños y con fondo bombeado, otros dos fenómenos, comunes a todos los aparatos, tienen lugar durante la descarga.

El primero, de poca importancia, concierne al arrastre de aire por parte del agua cuando ésta pasa delante de la salida del rebosadero en la descarga.

El segundo se refiere al hecho de que, al final de la descarga de un aparato, el agua sale del sifón con más rapidez de lo que entra, debido, sustancialmente, a la inercia.

Los tres fenómenos constituyen, en su conjunto, lo que es conocido como autosifonamiento y ha sido descrito con gran detalle en un informe del American NBS, BMS 126 de 1951, basado en experimentos efectuados en laboratorio sobre un lavabo provisto de un sifón transparente.

Las conclusiones, a las cuales ese informe llegó, son que el autosifonamiento puede ser parcialmente paliado por la "cola" de caudal al final de la descarga o bien por un retroceso de agua en el sifón debido a una sobrepresión en el ramal de desagüe del aparato.

Otras causas pueden concurrir en la creación del autosifonamiento, las más importantes de las cuales son las siguientes:

- Un incremento de la pendiente del ramal sobre el máximo aconsejado del 4 por 100.
- Una excesiva longitud del ramal.
- Un diámetro del ramal de desagüe demasiado pequeño.
- Una conexión a la bajante con radio de curvatura elevado (en contradicción con el hecho de que esta pieza es más efectiva para introducir el agua del ramal en la bajante).
- Un diámetro del sifón inferior al de la válvula de descarga.

2.1.3. Limitación de la pérdida de altura del sello hidráulico

La pérdida del cierre hidráulico es un hecho que debe ser absolutamente evitado con un diseño adecuado de las redes de desagüe y ventilación.

El diámetro de los ramales de desagüe, ventilación y del mismo sifón, la pendiente y longitud del ramal de desagüe, el dimensionado de las columnas de evacuación y ventilación, la forma de los aparatos sanitarios y las pérdidas por evaporación, sensibles cuando se hace poco uso del aparato, son todos factores de fundamental importancia para el mantenimiento del cierre hidráulico.

La larga experiencia adquirida en instalaciones existentes y los experimentos efectuados en laboratorios han demostrado que los criterios de diseño que actualmente se siguen, y que serán desarrollados a continuación, permiten limitar las fluctuaciones de presión en correspondencia de los cierres hidráulicos de un sistema a ± 250 Pa (equivalente a ± 25 mm. de columna de agua).

Para contrarrestar estas fluctuaciones, como se ha visto anteriormente, sería suficiente una altura del sello de 12'5 mm. que, por razones de seguridad, se eleva a 25 mm.

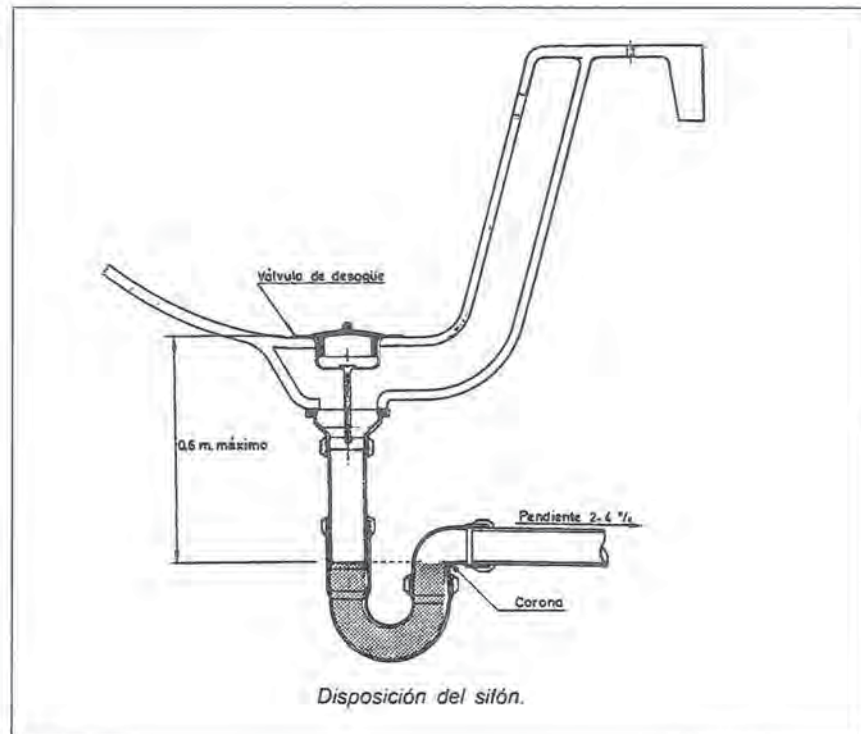
De otra parte, para contrarrestar los efectos del autosifonamiento y de las pérdidas por evaporación, son necesarios, con un cierto margen de seguridad, otros 25 mm. de profundidad del sello.

En total, un cierre hidráulico de 50 mm. de profundidad es suficiente para evitar, en cualquier circunstancia, la pérdida de hermeticidad, con un notable margen de seguridad, siempre que las redes de evacuación y ventilación se diseñen con criterios adecuados.

El sifón debe instalarse lo más cerca posible del aparato y, en todo caso, con la corona a no más de 0'60 m. por debajo de la válvula de descarga (véase Fig. 12.2), a fin de reducir al

mínimo la pérdida de cierre hidráulico debida a la velocidad del agua descargada (autosifonamiento).

fig.12.2



En cuanto al diámetro del sifón, deberá ser siempre igual o mayor al diámetro de la válvula de desagüe e igual o menor al del ramal de desagüe.

Usualmente, los tres diámetros mencionados son iguales; de existir una diferencia el tamaño debe crecer en el sentido del flujo del agua.

Por último cabe subrayar que nunca deben instalarse dos sifones en serie, por las siguientes razones:

- Porque, de acuerdo a cuanto se ha dicho anteriormente, es contraproducente. (Ver 12.1.1.1.).
- Porque se perturba el buen funcionamiento de la descarga del aparato, debido a la pérdida de carga que representa cada cierre hidráulico.

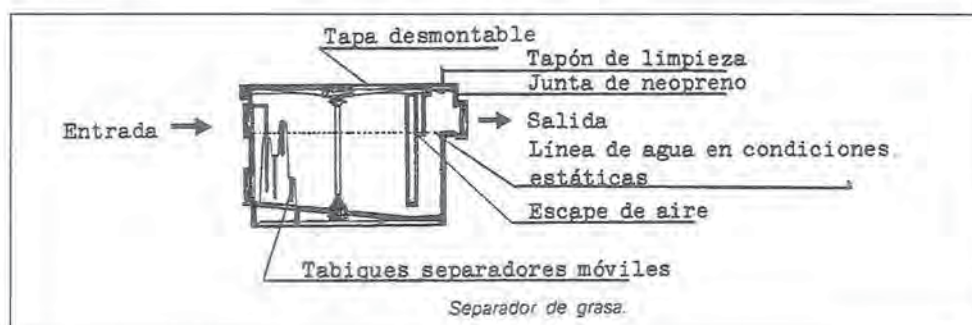
Hay algunas excepciones a esta regla que serán examinadas más adelante.

2.1.4. Separadores

Los separadores son elementos sifónicos que sirven para interceptar las aguas residuales y separar de ellas ciertas sustancias líquidas o sólidas, evitando así el ensuciamiento y la posible obstrucción de las tuberías aguas-abajo. Muchas veces, estos separadores son preceptivos.

Los separadores más comunes son los de grasa y de aceites, que se suelen instalar en cocinas y garajes. (Fig. 12.3).

fig.12.3



Todos los separadores deben estar provistos de una toma para la ventilación, cerca del lado de descarga, y de tapa de registro. Pueden tener más de un tabique separador.

Hay que recordar que todos los separadores necesitan ser limpiados periódicamente para eliminar la sustancia contaminante (grasa, aceite, arena, productos químicos, etc.).

Es conveniente que el aparato o los aparatos que descargan en un separador estén provistos de cierres hidráulicos, para evitar el paso de malos olores desde la superficie del separador al ambiente.

2.1.5. Flujo en las conducciones horizontales

El flujo en las tuberías horizontales de desagüe depende de la fuerza de gravedad que es inducida por la pendiente de la tubería y la altura del agua en la misma.

La formulación del flujo por gravedad, en condiciones estacionarias, se puede hacer de muchas maneras. Una de las más sencillas y suficientemente exacta para el cálculo de este tipo de conducciones es la fórmula de Manning:

$$V = 10^{-3} \times (R^{2/3} \times J^{1/2} / n) \quad (1)$$

Donde:

V es la velocidad del flujo, en m/s;

R es la profundidad hidráulica media o radio hidráulico, en mm.;

J es la pendiente de la tubería, en % (ó cm/m);

n es un coeficiente que depende de la rugosidad, grado de suciedad y diámetro de la tubería (adimensional).

Si expresamos con:

S, la superficie transversal del flujo de agua, en m²;

C, el caudal volumétrico, en m³/s;

Resulta:

$$C = S \times V \quad (2)$$

Combinando la (1) y (2), resulta:

$$C = 10^{-3} \times (S/n \times R^{2/3} \times J^{1/2}) \quad (3)$$

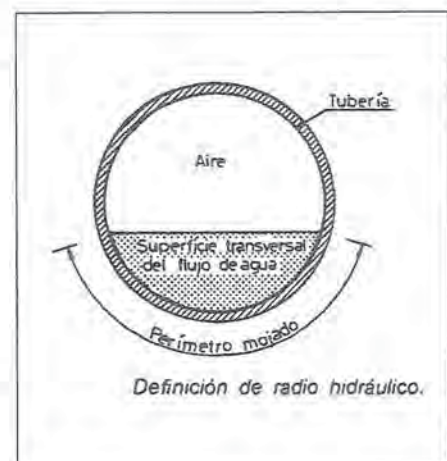
El radio hidráulico R es la relación entre la superficie transversal del flufo S y el perímetro mojado de la superficie de la tubería (Fig. 12.4).

fig.12.4

Para tuberías de sección circular y con flujo a sección llena, indicando con d el diámetro interior de la tubería, en mm., resulta:

$$R = (\pi \times (d^2/4)) / (\pi \times d) = d/4 \quad (4)$$

o sea : la profundidad hidráulica media es igual a un cuarto del diámetro de la conducción.



Para tuberías con flujo a mitad sección, el radio hidráulico es.

$$R = (\pi \times (d^2/8)) / (\pi \times (d/2)) = d/4 \quad (5)$$

o sea, es igual al de la tubería con flujo a sección llena.

Naturalmente, de acuerdo con la fórmula (3), a paridad de pendiente y coeficiente de rugosidad, el caudal en una tubería a sección llena es exactamente el doble del que discurre en una tubería a mitad sección, porque doble es la superficie transversal S.

Se anticipa aquí lo que se justificará más adelante: las tuberías horizontales, en condiciones de máximo caudal, se dimensionan siguiendo los siguientes criterios:

- a) Para aguas pluviales: a sección llena.
- b) Para aguas fecales: a mitad sección.

Los valores del coeficiente "n" han sido establecidos experimentalmente. Primero, Manning fijó los valores en función de la rugosidad de la superficie de la tubería y del diámetro de la misma. A lo largo de los años, las investigaciones han llevado a nuevos valores del coeficiente "n".

Con el auxilio de los valores de "n" de la tabla 12.I, se pueden calcular la velocidad y los caudales para flujo uniforme en función del diámetro, de la pendiente y con sección mitad o totalmente llena (ver tabla 12.II), elaborando oportunamente las fórmulas (1) y (3):

$$V = 3'97 \times 10^{-4} \times d^{2/3} \times J^{1/2} \times n \text{ (m/s)} \quad (6)$$

$$C = 1'56 \times 10^{-7} \times d^{8/3} \times J^{1/2} \times n^{-1} \text{ (dm}^3/\text{s)} \quad (7)$$

La ecuación (7) es válida para conducciones con flujo a mitad sección (a sección totalmente llena, el caudal es el doble, como se dijo anteriormente).

Los valores de la tabla 12.II son válidos para condiciones de flujo uniforme, que se alcanza cuando el agua ha tenido suficiente tiempo de llegar a un estado en el que la pendiente de su superficie libre es igual a la de la tubería.

La tubería cinética de las corrientes de agua que entran en las conducciones horizontales crea unas ondas que aumentan, durante breves intervalos, la velocidad y, en consecuencia, el caudal, añadiendo un modesto factor de seguridad en el dimensionado de la tubería.

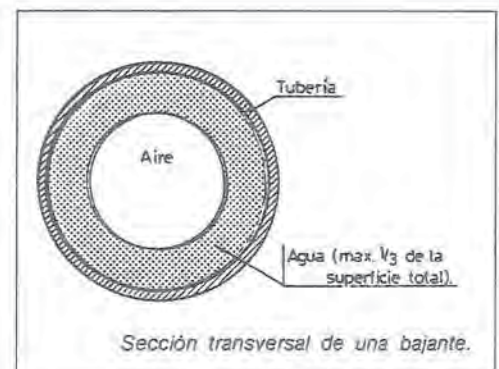
La velocidad mínima que debe ser mantenida en las conducciones a fin de evitar la deposición de los materiales sólidos que el agua lleva en suspensión es de 0'6 m/s, mientras que para mantener la grasa en suspensión se necesita una velocidad de 2 m/s por lo menos.

Del examen de la tabla 12.II se notará que la velocidad mínima de 0'6 m/s se alcanza solamente con tuberías de diámetro grande o con pendientes fuertes. Por esta razón se recomienda dar a las tuberías de pequeño diámetro unas pendientes entre el 2 y el 4 por 100 y un recorrido muy corto.

2.1.6. Flujo en las conducciones verticales

Experiencias de laboratorio han demostrado que el flujo de agua en conducciones verticales depende esencialmente del caudal. Para caudales pequeños, el agua corre totalmente adherida a la superficie interior de la tubería (véase Fig. 12.5); al crecer el caudal, el agua sigue manteniéndose adherida hasta un límite, alcanzado el cual, debido a la resistencia del aire, primero forma una bola y luego se fragmenta en pequeñas gotas. Estos cambios de forma dan lugar a rápidas oscilaciones de presión en el sistema de evacuación.

fig.12.5



Para no rebasar el límite de ± 250 Pa de variación de presión, es necesario dimensionar las bajantes para un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no sea nunca superior a un tercio de la sección transversal de la tubería.

A la entrada de un ramal en la columna, el agua es acelerada por la fuerza de gravedad y, rápidamente, forma una lámina alrededor de la superficie interna de la columna. Esta corona circular de agua y el alma de aire en su interior continúan acelerándose hasta que las pérdidas por rozamiento contra la pared igualan la fuerza de gravedad. Desde este momento, la velocidad de caída queda prácticamente constante.

Investigaciones de hace más de treinta años han demostrado que la velocidad terminal, antes definida, y la distancia del punto de entrada de agua a la cual se alcanza dicha velocidad se pueden expresar, respectivamente, por las fórmulas experimentales.

$$V_t = 10 (q/d)^{0.4} \quad (8)$$

$$L_t = 0.17 V_t^2 \quad (9)$$

Donde:

V_t es la velocidad terminal, en m/s;

L_t es la distancia terminal, en m.;

q es el caudal, en dm^3/s ;

d es el diámetro interior, en mm.;

Aplicando las fórmulas (8) y (9) a tuberías de distinto diámetro, resulta que las velocidades máximas que se alcanzan son de 3 a 4.5 m/s a una distancia de 3 a 4.5 m. del punto de entrada, cualquiera que sea la altura de la columna.

El caudal de agua puede expresarse en función del diámetro de la tubería " d " y de la relación " r " entre la superficie transversal de la lámina de agua y la superficie transversal de la tubería (Fig.12.5) mediante la fórmula experimental (Dawson y Hunter):

$$q = 3.15 \times 10^{-4} \times r^{5/3} \times d^{8/3} \quad (10)$$

Donde:

d se expresa en mm.;

q se expresa en dm^3/s .

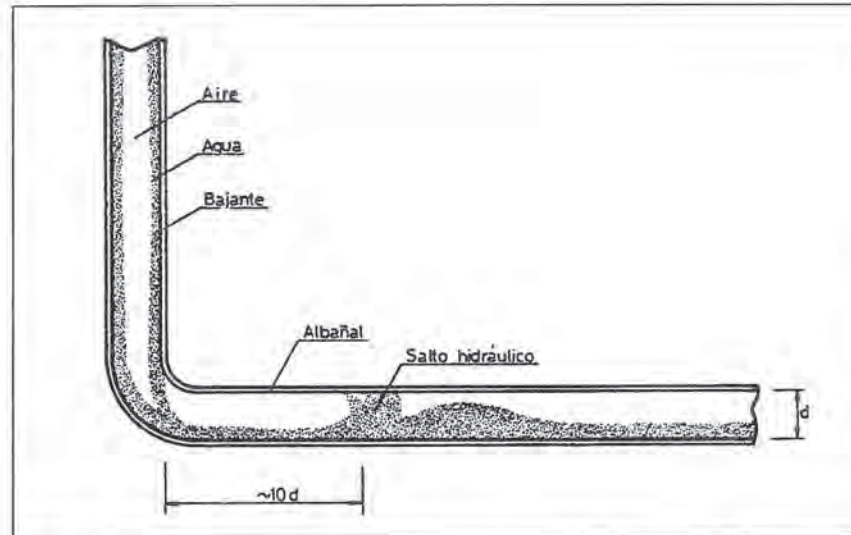
Por medio de la fórmula (10) se calculan (véase tabla 12.II) los caudales para las relaciones

$$r = 0.25 \quad r = 0.29 \quad r = 0.33$$

Es conveniente que, para el cálculo de las bajantes, el valor del caudal sea mantenido igual o inferior al correspondiente a $r = 0.29$.

Al pie de la columna, el flujo alcanza la velocidad terminal, que se ha mencionado anteriormente, mientras que en el albañal, la velocidad es mucho menor, usualmente inferior a 1 m/s. Durante un corto recorrido después de la curva, unas diez veces el diámetro de la tubería como máximo, el agua continúa fluyendo a una relativamente alta velocidad. Debido a que la pendiente de la tubería horizontal no es suficiente para mantener tan alta velocidad, ésta disminuye lentamente con un correspondiente aumento de la profundidad de llenado, hasta que se alcanza una velocidad crítica en correspondencia de la cual la profundidad crece bruscamente (Fig. 12.6). A veces, el incremento de profundidad es lo suficientemente grande como para rellenar toda la sección de la tubería.

fig.12.6



La importancia de este fenómeno, llamado salto hidráulico, y la distancia a la que puede ocurrir, dependen de la velocidad de entrada del agua en el albañal, de la pendiente del albañal, de su diámetro, del caudal existente y de la rugosidad del material.

Después del salto hidráulico, el flujo vuelve a ser uniforme debido a la resistencia que ofrece la tubería.

2.2. Dimensionado de la red de evacuación de aguas fecales

2.2.1. Caudal de agua por la válvula de desagüe de un aparato sanitario

Cuando un aparato es usado sin cerrar la válvula de desagüe, el caudal a desagüar es igual al caudal de descarga de la grifería.

Sin embargo, cuando la válvula está cerrada durante el uso y se abre después, el desagüe tiene las características del flujo a través de un orificio, sometido a una presión igual a la altura del agua sobre el orificio de descarga.

El caudal medio de descarga puede expresarse mediante la fórmula:

$$q = 10^{-3} \times S \times V \quad (11)$$

Donde:

q es el caudal, dm^3/s ;

S es la sección mínima del orificio, en mm^2 ;

V es la velocidad, en m/s .

Indicando con :

h la altura de la superficie libre del agua sobre la válvula de desagüe, en m ;

g la aceleración de la gravedad, en m/s^2 ;

d el diámetro mínimo del orificio, en mm .

Resulta:

$$S = \pi / 4 \times d^2 \quad (12)$$

$$V = (2 \times g \times h)^{1/2} \quad (13)$$

Combinando las tres ecuaciones anteriores resulta:

$$q = 3'48 \times 10^{-3} \times d^2 \times h^{1/2} \quad (14)$$

Debido al rozamiento con las paredes del orificio, la velocidad real de la vena líquida es menor que la teórica. Para orificios de diámetro entre 3 y 6 cm., la velocidad real/velocidad teórica, o sea, entre los respectivos caudales, puede hacerse igual a 2/3 y, en consecuencia, la ecuación (14) se transforma en :

$$q' = 2'32 \times 10^{-3} \times d^2 \times h^{1/2} \quad (15)$$

Resultados experimentales han dado los siguientes valores para el caudal medio de descarga de aparatos sanitarios:

- Lavabos:

* pequeño: 0'55 l/s

* mediano: 0'30 l/s

* grande: 0'40 l/s

- Fregadero: 0'50 l/s

- Bidet: 0'20 l/s

- Bañera: 0'40 l/s

2.2.2. Unidades de desagüe

Diversos métodos de cálculo de las redes de saneamiento han sido desarrollados. Todos ellos tienen en cuenta la probabilidad del uso simultáneo de los aparatos sanitarios de forma bastante distinta, a veces contradictoria.

Todos estos métodos son, de todas formas aproximados, y el técnico deberá tener en cuenta las particularidades de uso de los aparatos para dar el debido peso a ciertos factores.

La aproximación a la cual se hacía referencia antes es, generalmente, por exceso. Se reconoce la necesidad de profundizar en la investigación de este aspecto para ajustar mejor los datos ahora disponibles a la realidad.

En este capítulo se usará el método de las Unidades de Desagüe (UDs), muy utilizado en los países anglosajones, donde es conocido por el nombre de "Fixture Unit Method".

La UD tiene, por definición, un caudal que corresponde a 0'47 dm³/s (igual a un pie cúbico al minuto, en el sistema de medida anglosajón).

El número de UD de un aparato sanitario representa el peso que este aparato tiene en la evaluación de los diámetros de una red de evacuación.

El propósito del método de las UD es hacer posible el cálculo de la "carga" sobre la red de evacuación cuando el sistema está compuesto por diferentes tipos de aparatos.

En las columnas primera y segunda de la tabla 12.IV se indican los valores de las UD para cada tipo de aparato sanitario (Hunter), según sea el uso privado o público. Se advierte que estos valores representan los más recientemente disponibles y, por tanto, son solamente una recomendación. Están en curso investigaciones para asignar valores más estrictos de los indicados en la tabla.

Para tener en cuenta los desagües de tipo continuo o semicontinuo procedentes de equipos de aire acondicionado, bombas de desagüe, bandejas de condensación, etc., se considera una UD para cada 0'03 dm³/s de caudal estimado.

El técnico podrá, a su juicio, alterar los valores de las UD, teniendo en cuenta el criterio de que los valores de UD son inversamente proporcionales al intervalo de uso de los aparatos.

Por ejemplo, para baterías de aparatos sanitarios en locales públicos, como lavabos y duchas en cuarteles, duchas en instalaciones para el deporte o en residencias para estudiantes, etc., es

posible que sea necesario aumentar el valor de UD's indicado en la tabla 12.IV para duchas y lavabos para uso público, dependiendo del intervalo entre usos que se pueda presumir en fase de diseño.

Como indicación para el técnico, se menciona que la British Standard, en su Code of Practice CP 304: 1968, distingue entre uso privado, público y de punta, dando, para duchas y lavabos, intervalos de uso de veinte, diez y cinco minutos, respectivamente, doblando el número de UD's cuando se divide en dos el intervalo de utilización.

Sin embargo, en Francia, en las Normas NFP 41-201 a 204 de AFNOR no se distingue entre usos público o privado y se da una fórmula en la que se expresa un coeficiente "c" de simultaneidad en función del número de aparatos "N".

$$c = (N - 1)^{1/2} \quad (16)$$

válida para $N > 2$.

Esta Norma advierte también, que este método de cálculo, a veces generoso, puede ser escaso en ocasiones, por ejemplo, en los usos punta antes mencionados.

Para el cálculo de las UD's de piezas sanitarias no incluidas en la tabla 12.IV podrán utilizarse los valores indicados a continuación, basados en el diámetro del tubo de desagüe:

Diámetro de la tubería	UD's
32	1
40	2
50	3
60	4
80	5
100	6

2.2.3. Cierres hidráulicos y pequeña evacuación

Los cierres hidráulicos son la necesaria solución de continuidad entre el aire contaminado de la red de desagüe y el aire del ambiente interior.

Como se ha dicho con anterioridad, el sifón debe tener un diámetro al menos igual al de la válvula de desagüe y, a su vez, el ramal de desagüe debe tener un diámetro al menos igual al del sifón.

En la tabla 12.IV (columnas tercera y cuarta), se dan los diámetros mínimos de sifón y del ramal de desagüe según el tipo de aparato sanitario y el uso al que va a ser destinado, privado o público.

La expresión "uso privado" debe entenderse exclusiva de aquellos aparatos instalados en cuartos de baño o cocinas de viviendas o en cuartos de baño privados de hoteles, residencias, clínicas, hospitales, etc. Los aparatos sanitarios de oficinas, cuarteles, escuelas, fábricas, restaurantes, etc., deben entenderse clasificados en "uso público".

Es muy importante recordar que los ramales de desagüe de los aparatos es conveniente que sean lo más cortos posible.

Los diámetros indicados en la tabla 12.IV son válidos para ramales individuales de 1'5 m, como máximo de longitud, distancia más que suficiente para cubrir los recorridos impuestos en un cuarto de baño racionalmente estudiado.

Cuando los ramales son cortos, hay que cerciorarse de que los elevados caudales de desagüe que se producen en ellos no sean superiores a la capacidad de descarga de la columna a la que van conectados.

La descarga de un ramal en una columna no debe causar excesiva interferencia con la lámina de agua que fluye mojándola, para evitar la formación de contrapresiones en el ramal mismo.

Por esta razón, se recomienda conectar los ramales de evacuación a la columna con un ángulo de 45° .

2.2.4. Ramales horizontales

El dimensionamiento de los ramales horizontales que recolectan el agua de distintos aparatos sanitarios se hace de acuerdo al número de UD's dado en la tabla 12.IV y a los caudales calculados en la tabla 12.II para sección mitad con el auxilio de la fórmulas 1,5 y 7, teniendo en cuenta la simultaneidad de uso de los aparatos.

La tabla 12.V da el máximo número de UD's en función del diámetro de la tubería y de pendiente.

No se pueden conectar inodoros en ramales de diámetro igual o inferior a 60 mm. La pendiente mínima debe de ser del 2 por 100 para ramales hasta 75 mm. de diámetro y del 1 por 100 para ramales de diámetro superior. Por las razones explicadas en 12.1.12. a propósito del autosifonamiento, la pendiente máxima no debe rebasar el 4 por 100.

2.2.5. Bajantes

El dimensionado de las bajantes de aguas fecales se hace de acuerdo con el número de UD's dado en la tabla 12.IV y los caudales máximos admisibles de la tabla 12.III para $r = 0'29$ (véase fórmulas 2,1,6,10), teniendo en cuenta la simultaneidad de funcionamiento.

La tabla 12.VI da el máximo número de UD's en función del diámetro de la columna para edificios de hasta tres pisos y de más de tres pisos.

Existe, sin embargo, una limitación en lo que se refiere al caudal que puede entrar en una columna desde un ramal, para evitar contrapresiones en el ramal mismo. Esta limitación está indicada en las últimas columnas de la tabla 12.VI.

Las desviaciones de las bajantes de la vertical (Fig. 12.7) se dimensionan siguiendo estos criterios:

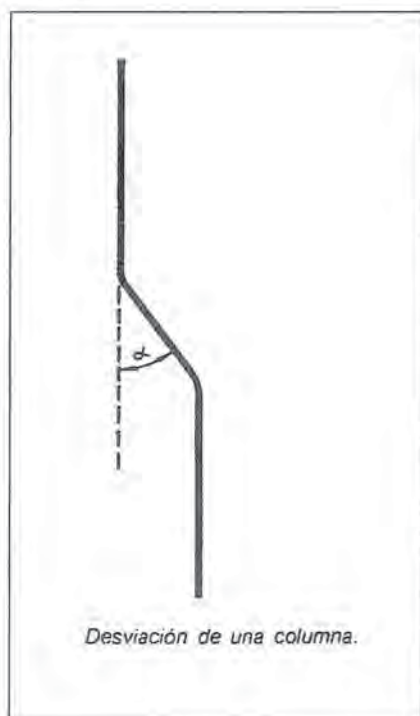


fig.12.7

1. Si la desviación forma un ángulo con la vertical igual o inferior a 45° , no se requiere ningún cambio de sección.

2. Si la desviación forma un ángulo de más de 45° , se seguirá el siguiente procedimiento:

- la parte de la bajante por encima de la desviación se dimensiona como una bajante con un número total de UD's igual a la suma de las UD's de todos los ramales hasta la desviación.

- la desviación misma se dimensiona como un albañal (véase el próximo párrafo), con una pendiente del 4 por 10.

- la parte de la bajante por debajo de la desviación tendrá un diámetro igual al mayor de entre los diámetros de la desviación y de la parte superior de la bajante.

Recordemos aquí, otra vez, que nunca se deben disminuir las secciones en el sentido del flujo del agua.

2.2.6. Albañales

Los albañales se dimensionan para funcionar a media sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección bajo condiciones de flujo uniforme.

Hay que dar una pendiente mínima del 2 por 100 para colectores con diámetros iguales o inferiores a 75 mm., a fin de mantener una velocidad mínima de 0'6 m/s para el arrastre de la materia sólida en suspensión en el agua.

Sin embargo, es aconsejable no rebasar el valor del 4 por 100 para la pendiente, excepto en las

desviaciones de bajantes mencionadas en el párrafo anterior.

La tabla 12.VII da el máximo número de UD's en función del diámetro y de la pendiente.

2.3. Red de ventilación

2.3.1. Efectos neumáticos del movimiento del aire en una red de evacuación

La red de ventilación sirve, primariamente, como protección del sello hidráulico de un sistema de evacuación de aguas fecales.

En las tuberías verticales y horizontales del sistema de evacuación, el agua fluye en contacto con el aire. Por efecto de la fricción entre agua y aire, éste circula prácticamente a la misma velocidad que el agua.

Cuando, por efecto de la inmisión en el flujo de agua de otro caudal, o por efecto del salto hidráulico, provocado por una disminución de velocidad, se reduce la sección de paso del aire, se produce un aumento brusco de presión que puede repercutir sobre los cierres hidráulicos, como se ha visto anteriormente en 12.2.1.2

2.3.2. Diseño de una red de ventilación

Se recuerda que la máxima sobrepresión o depresión que se admite en una red de evacuación ha sido fijada en ± 250 Pa.

Esta diferencia de presión debe ser igual o superior a las pérdidas por rozamiento que se producen por el movimiento del aire en contacto con las superficies interiores de las tuberías.

La pérdida de presión puede expresarse por la fórmula de Darcy:

$$p = f \times d_a \times ((L \times V^2) / 2d) \quad (17)$$

donde:

p es la pérdida de presión por rozamiento, en Pa;

f es el coeficiente de fricción, adimensional;

d_a es la densidad del aire, en kg/m^3 ;

L es la longitud equivalente de la tubería, en m.;

V es la velocidad del aire, en m/s .;

d es el diámetro interior de la tubería, en m.

Sustituyendo en la fórmula de Darcy la expresión:

$$q = ((\pi \times d^2) / 4) \times V \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (18)$$

y suponiendo que la densidad del aire es $1'2 \text{ kg/m}^3$, resulta:

$$p = 0'97 \times f \times L \times (q^2/d^5) \quad (19)$$

o sea:

$$L = 1'03 \times 1/f \times (d^5/q^2) \times p \quad (20)$$

Sustituyendo en la fórmula (20), $p = 250$ Pa, y expresando el diámetro en mm. y el caudal en dm^3/s , resulta finalmente:

$$L = 2'58 \times 10^{-7} \times (d^5 / (f \times q^2)) \quad (21)$$

La longitud equivalente, expresada por la fórmula (21), tiene en cuenta las pérdidas accidentales debidas a las piezas especiales encontradas por el flujo de aire en su camino a través de la red de ventilación. Sería muy complicado calcular estas pérdidas accidentales, debido a la complejidad de la red de ventilación. La experiencia ha demostrado que éstas constituyen una tercera parte, aproximadamente, de las pérdidas totales. En consecuencia, la longitud efectiva "l", de la red de ventilación es igual a la equivalente "L", definida por la ecuación (21), dividida por 1'5 (las dos terceras partes):

$$"l" = 1'72 \times 10^{-7} \times (d^5 / (f \times q^2)) \quad (22)$$

Se recuerda que el caudal de aire "q" es un dato para cada situación, siendo función del caudal de agua, función, a su vez, del número de UD's.

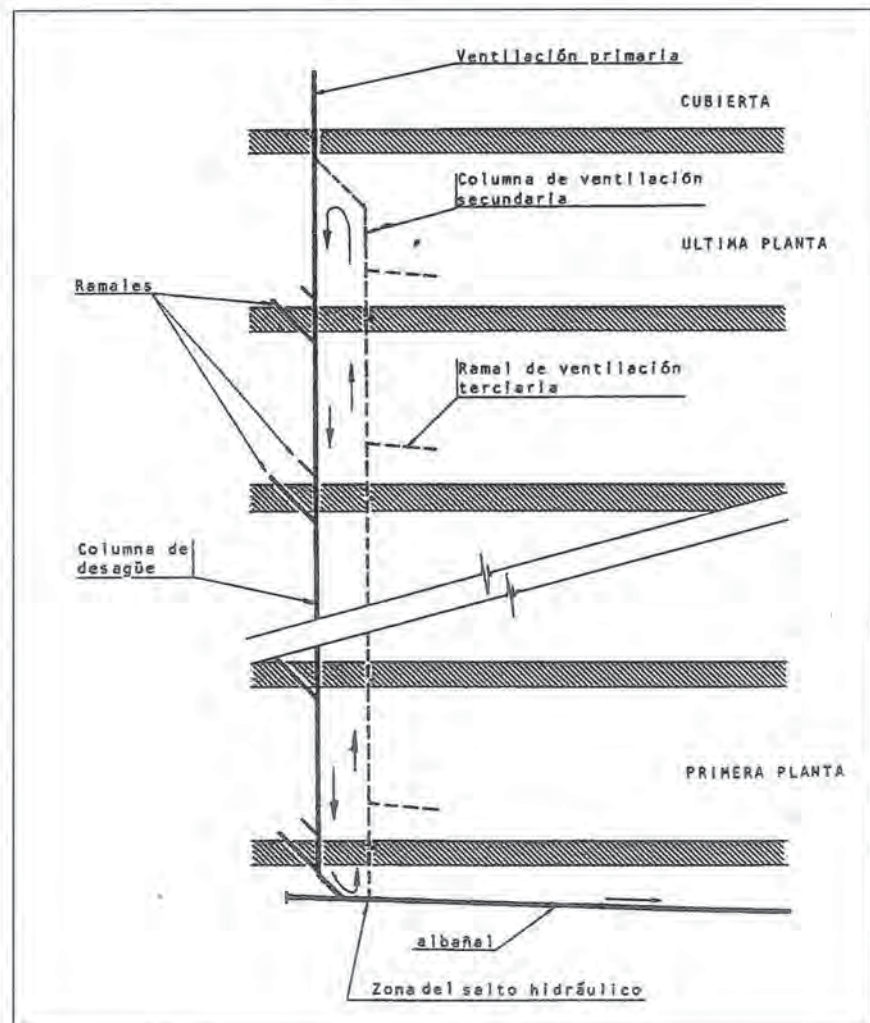
Por ejemplo, en la tabla 12.III se han dado los caudales de agua en columnas en función del diámetro interior de la tubería. En correspondencia de la relación $r = 0'29$, el caudal de aire, en dm^3/s , es igual al indicado para el agua multiplicado por 2'45, es igual a la relación entre 0'71 (parte de tubería ocupada por el aire) y 0'29 (parte de tubería ocupada por el agua).

El caudal de aire en las tuberías horizontales (como el dimensionado se hace con tubería a media sección) es igual para cada pendiente, al del agua, indicado en la segunda columna de la tabla 12.II.

2.3.3. Movimiento del aire en las redes de evacuación y ventilación

La ventilación primaria está constituida por la prolongación de la columna de desagüe desde la conexión del ramal más alto hasta la cubierta del edificio (Fig. 12.8).

fig.12.8



Las razones de la comunicación entre red de desagüe y exterior son las siguientes:

- a) para reponer el aire que viene arrastrado por el agua en la alcantarilla pública.
- b) para permitir una circulación natural que elimine olores e impida el crecimiento de bacterias.

La circulación natural se desarrolla por efecto de la diferencia de densidad entre el aire exterior y el aire en el interior de la red, que da lugar a una diferencia de presión igual a:

$$p = g(d_e - d_i) \times h \quad (23)$$

donde:

p es la diferencia de presión, en Pa;

g es la aceleración de la gravedad, en m/s^2 ;

d es la densidad del aire, en kg/m^3 ;

(subíndices "e" e "i" para aire exterior e interior, respectivamente);

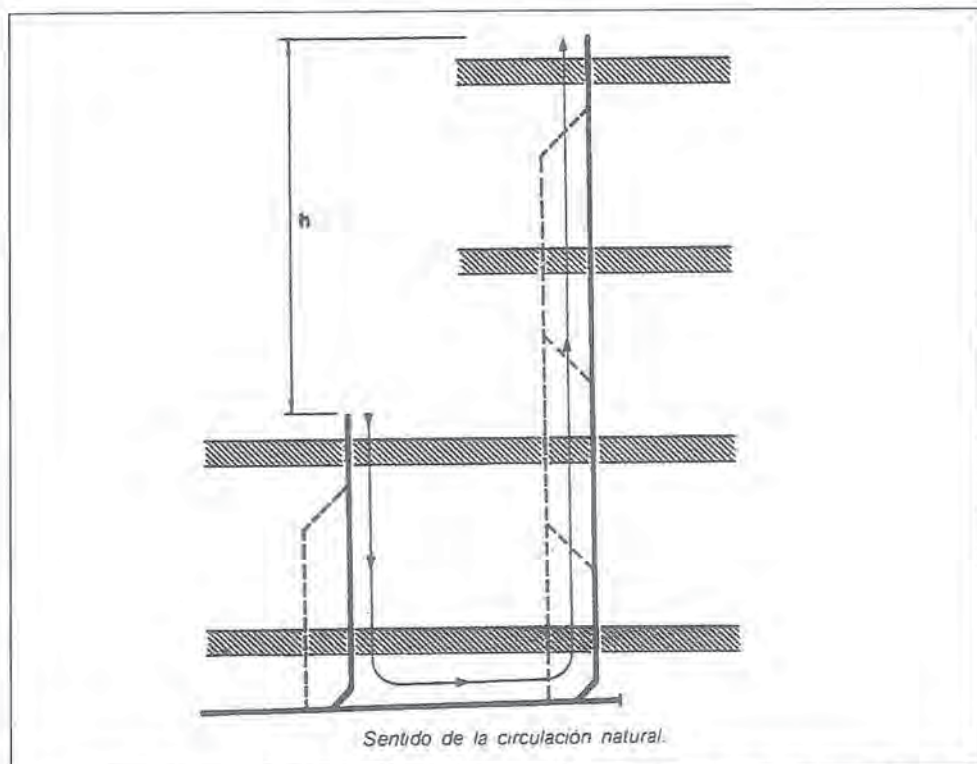
h es la altura de la columna de aire, en m.

Nota: Dimensionalmente, la ecuación (23) es:

$$(m/s^2 \times kg/m^3) \times m = (N/m^3) \times m = N/m^2 = Pa$$

La circulación natural tendrá lugar cuando en la red de desagüe se presenten salidas de ventilación primaria a cotas distintas (Fig. 12.9).

fig.12.9



Nótese que, en condiciones climatológicas adversas, la diferencia de presión expresada por la ecuación (23) puede anularse, cuando sea $d_e = d_i$.

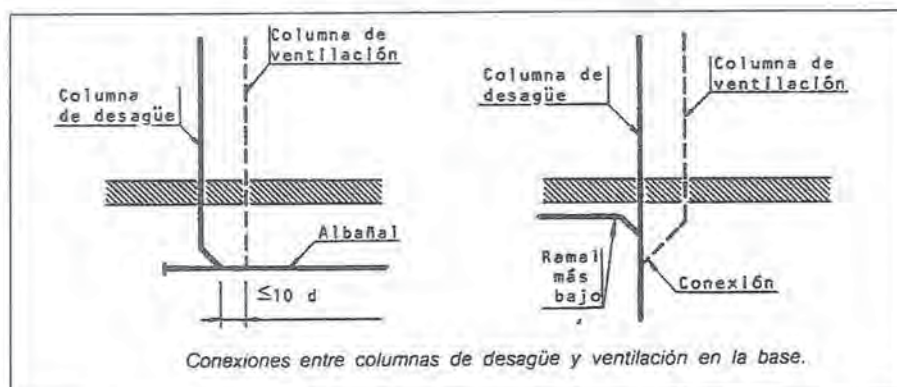
El caudal de aire debido a esta diferencia de presión será tal, que las pérdidas por fricción igualan la fuerza motriz creada por la diferencia de densidad.

Cada columna de desagüe debe tener una columna de ventilación (ventilación secundaria).

La columna de ventilación secundaria tiene el propósito de prevenir el desarrollo de presiones excesivas, particularmente en las partes bajas de la columna de desagüe, permitiendo que el aire comprimido en la base de la columna encuentre una vía de desahogo.

El mejor emplazamiento de la conexión entre columna de desagüe y de ventilación es por debajo del último ramal o, mejor aún, en la generatriz superior del albañal, a una distancia, como máximo, de diez veces el diámetro del cambio de dirección (Fig. 12.10), en la zona del salto hidráulico (véase 12.2.1.6. y Fig. 12.6).

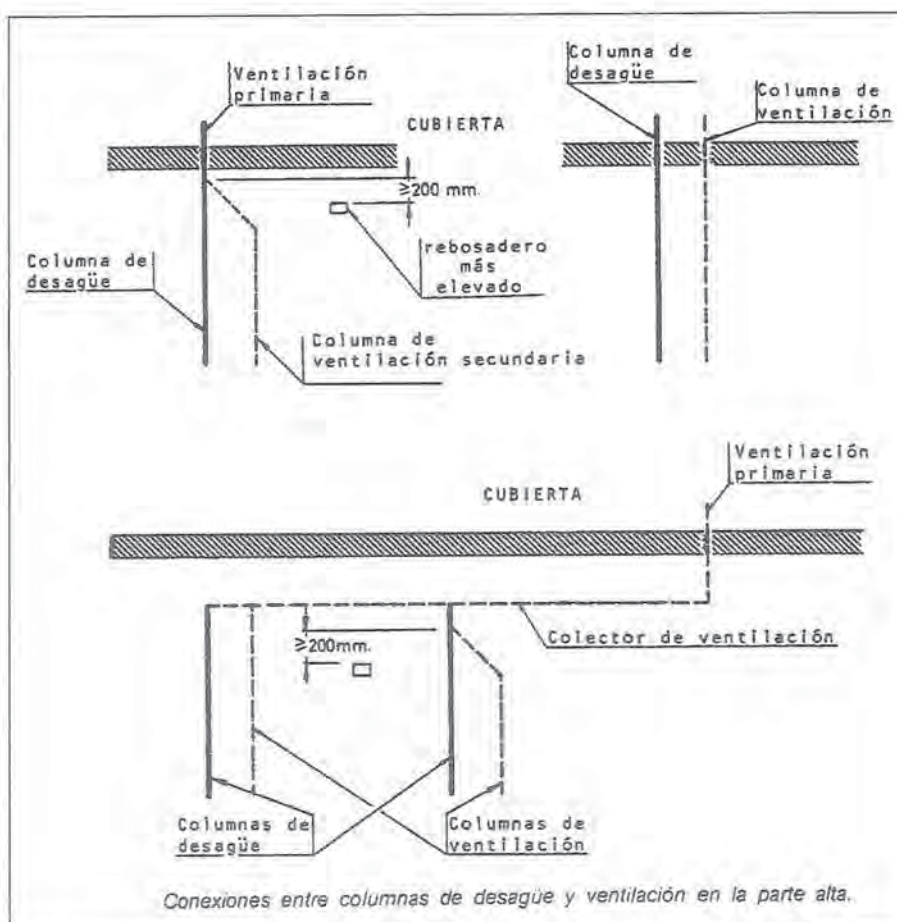
fig.12.10



El aire circula en las columnas en el sentido indicado por las flechas en la figura 12.8, siguiendo el flujo de agua en la columna de desagüe y remontando en la columna de ventilación secundaria. Naturalmente, el circuito se cierra al exterior cuando la columna de ventilación pasa a través de la cubierta.

La columna de ventilación debe prolongarse, con diámetro constante, por encima de la cubierta del edificio o conectarse a la columna de desagüe por lo menos 20 cm. por encima del rebosadero del aparato sanitario más elevado o, bien, conectarse a un colector de ventilación (Fig.12.11).

fig.12.11



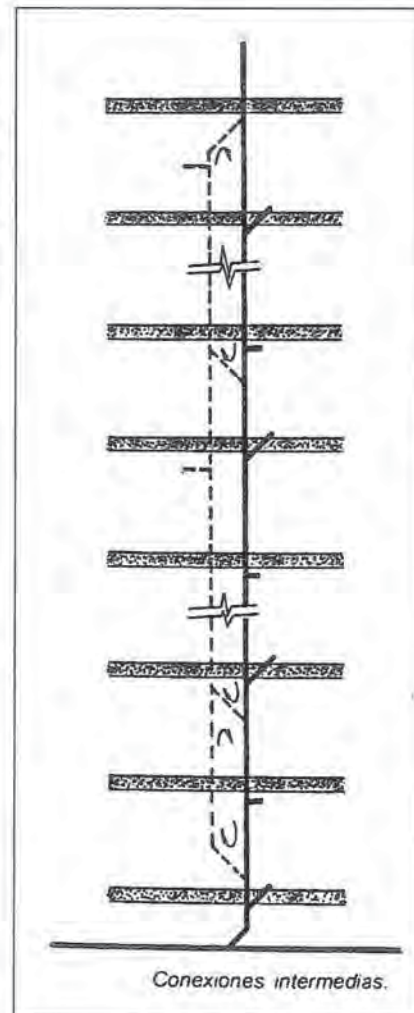
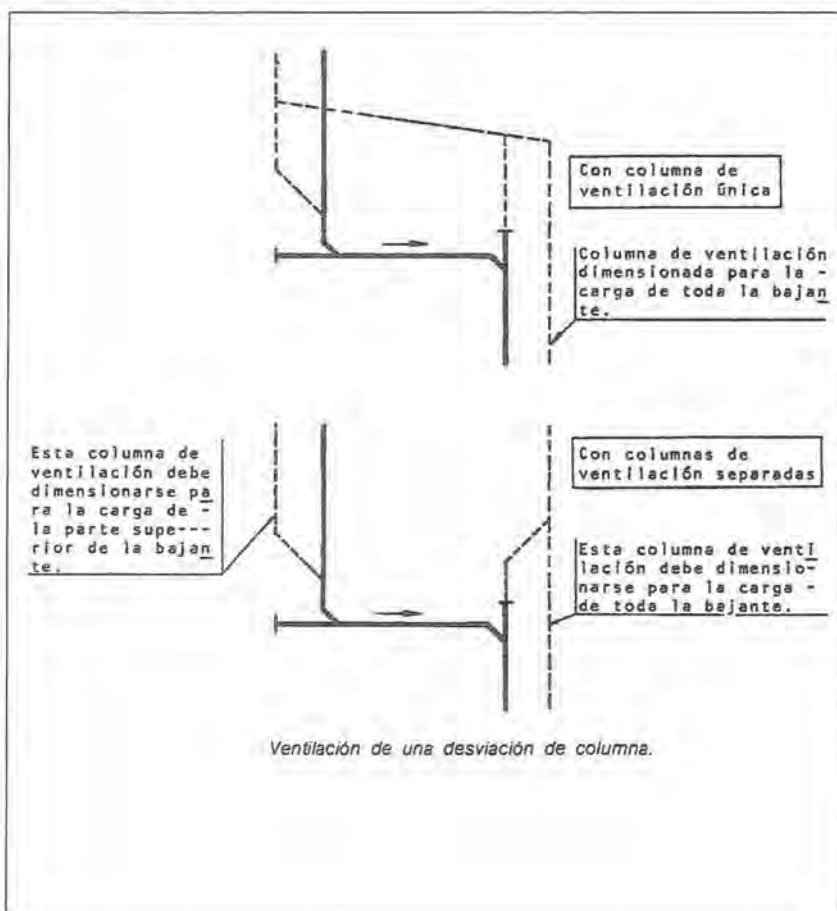
Cuando el edificio tiene más de ocho plantas en altura, es muy importante balancear las fluctuaciones de presión en la bajante por medio de conexiones intermedias entre la columna de ventilación secundaria y la misma bajante (Fig. 12.12). Estas conexiones se deben hacer, por lo menos, cada ocho ramales, o pisos, pero es recomendable que se haga cada cinco, porque cuanto más corto es el campo hidráulico del aire, más pequeñas serán las pérdidas de carga, a paridad de diámetro de la tubería de ventilación.

fig.12.12

Por esta razón, conectando la columna de ventilación a la bajante en cada planta se puede reducir sustancialmente el diámetro de la primera, como se verá más adelante.

Cada desviación de la bajante de más de 45° de la vertical se debe ventilar como se indica en la figura 12.13, debido a los fuertes aumentos de presión creados por el salto hidráulico.

fig.12.13



La unión entre ventilación y bajante debe hacerse con un tramo muy corto de tubería del mismo diámetro de la columna de ventilación con pendiente hacia la bajante para evitar la entrada de materia sólida en la columna de ventilación y, en consecuencia, su posible obstrucción.

Los terminales de ventilación deben ser emplazados adecuadamente para evitar molestias a los vecinos y conviene instalarlos a una distancia de unos tres metros de cualquier abertura del edificio, a menos que no estén por encima de éstas, a una distancia de 60 cm por lo menos.

Los terminales deben estar 15 cm por encima de la cubierta, de forma tal que no queden sujetos a inundación. Si la terraza es accesible y se utiliza para cualquier fin, los terminales se prolongarán hasta una altura no menor de 1'80 m.

No deben instalarse nunca un terminal por debajo de una marquesina o terraza.

2.3.4. Ventilación de los cierres hidráulicos

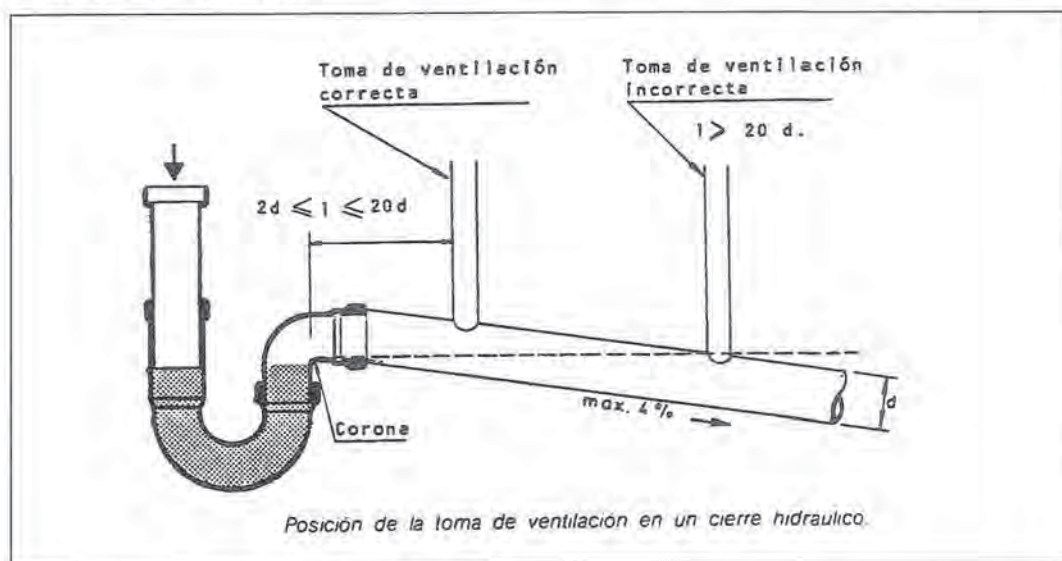
Es conveniente que los cierres hidráulicos estén protegidos contra el sifonamiento y el autosifonamiento por medio de un adecuado sistema de ventilación (ventilación terciaria).

En el párrafo del punto 12.2.1.1. se dijo que la toma de ventilación debe estar a una distancia mínima igual a dos veces el diámetro, y que la máxima distancia a mantener se recomienda que no rebase veinte veces el diámetro:

$$2d \leq l \leq 20d \quad (24)$$

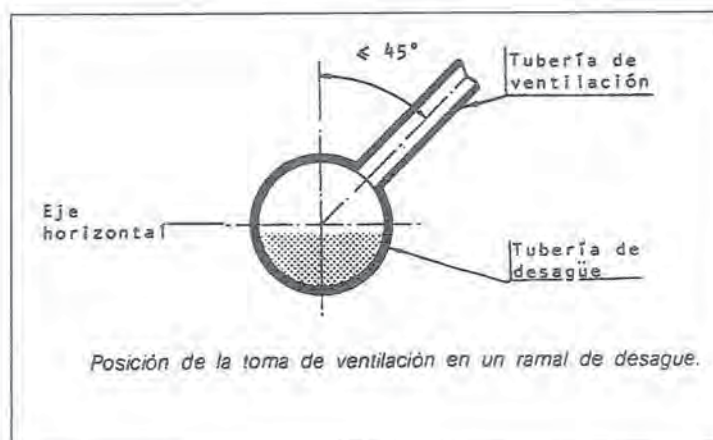
La abertura de ventilación no debe estar nunca por debajo de la corona del sifón (Fig. 12.14), y esto será si se cumple la condición expresada por la ecuación (24) y si la pendiente se mantiene por debajo del 4 por 100.

fig.12.14



Además, es altamente recomendable que la toma se haga por encima del eje horizontal de la sección transversal, subiendo verticalmente con un ángulo de no más de 45° de la vertical (Fig. 12.15).

fig. 12.15

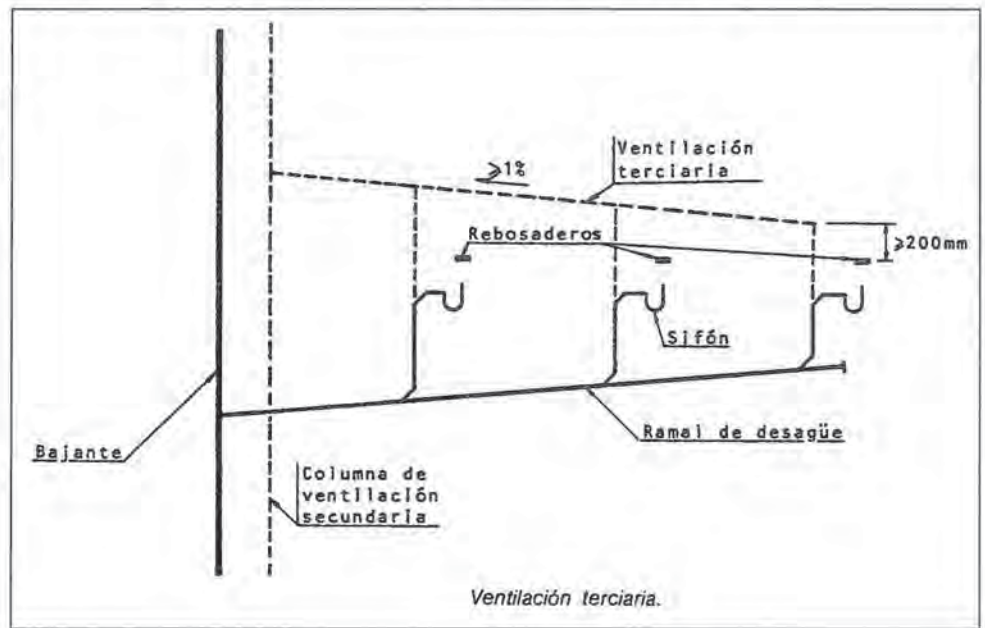


Las tuberías de ventilación terciaria deben tener la pendiente hacia la tubería de desagüe para recoger la condensación que pueda eventualmente formarse (pendiente mínima, 1 por 100).

Los tramos horizontales de las tuberías de ventilación terciaria deben estar por lo menos 200

mm. por encima del rebosadero del aparato sanitario cuyo sifón ventila (Fig. 12.16).

fig. 12.16



2.3.5. Ventilaciones especiales

En casos excepcionales pueden utilizarse algunos sistemas de ventilación que, aunque no ortodoxos, pueden servir para solucionar casos que sería muy costoso resolver de forma tradicional. Los casos son los siguientes:

a) Ventilación mojada

Es la tubería que ventila un aparato y, al mismo tiempo, recibe la descarga de otro (Fig. 12.17).

b) Combinación desagüe-ventilación

Se trata de sobredimensionar la tubería de desagüe, dándole al menos dos medidas más de diámetro de lo que sería necesario, de tal manera que la sección superior de la tubería pueda ejercer la función de tubo de ventilación. Se usa particularmente para ventilar los drenajes de suelo y las mesas de laboratorio, para los cuales, a veces, es imposible subir con una tubería de ventilación porque están en el centro de un local.

c) Ventilación en gancho

La figura 12.18 ilustra el concepto. Es una ventilación que sirve a

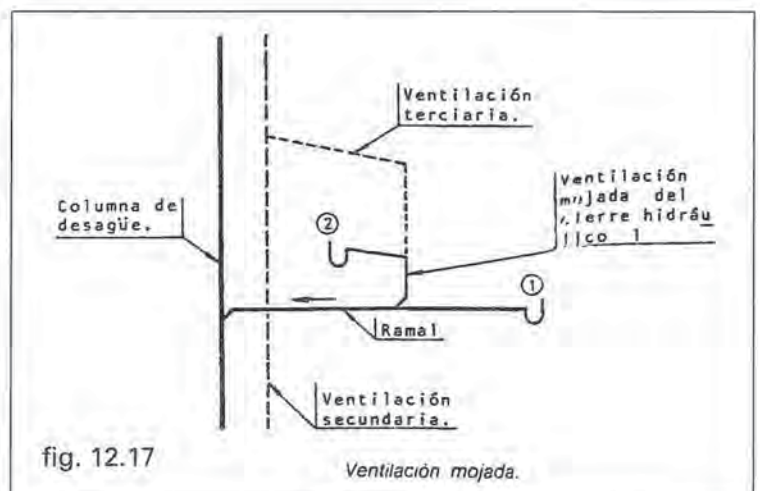


fig. 12.17

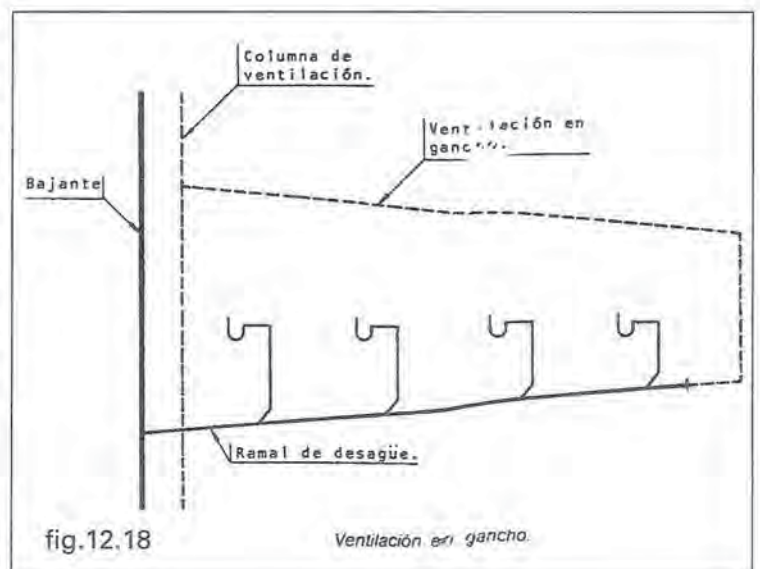
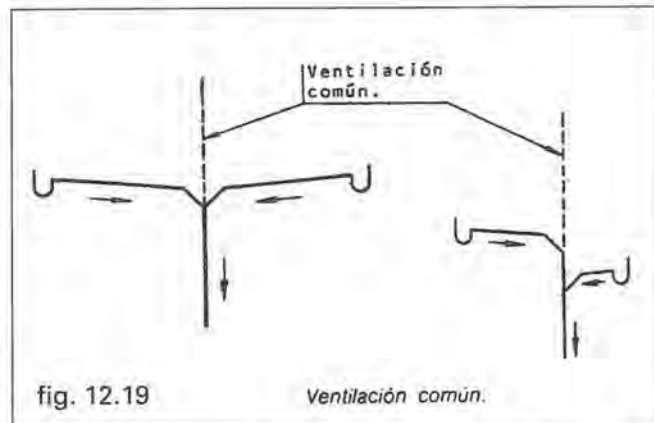


fig. 12.18

más de un aparato y es muy usada para disposiciones en batería, llevando a un considerable ahorro económico. Es conveniente limitar a cuatro el número de aparatos ventilados en gancho.

d) Ventilación común

Cuando dos aparatos están conectados a un ramal vertical se puede emplear una tubería de ventilación común (Fig. 12.19).



2.3.6. Presión debida a formación de espumas

El uso cada día creciente en lavadoras, lavaplatos, fregaderos, etc., de detergentes con alta producción de espuma ha creado serios problemas para el funcionamiento de las redes de ventilación.

El agua sucia, en su caída por la columna de desagüe, se mezcla vigorosamente con el aire y con los residuos de detergente que el agua contiene.

La espuma que se genera por estas acciones de mezcla, baja por la columna y se deposita en las partes inferiores del sistema de evacuación, los albañales, por ser más ligera que las aguas, que corren por debajo.

El aire arrastrado por el agua comprime la espuma y la hace pasar por el camino más fácil: la red de ventilación. Esta no está dimensionada para evacuar las grandes cantidades de espuma que se generan y ésta encuentra su vía de salida a través de las válvulas de desagüe y los rebosaderos de los aparatos sanitarios.

Dependiendo del diseño de la red y de la cantidad de espuma producida, se crean sobrepresiones en la red de evacuación que pueden llevar a la pérdida del sello hidráulico de los sifones, debido a que la espuma es más densa que el aire y, en su camino hacia zonas de presión inferior, produce mayores pérdidas de carga.

La densidad de la espuma varía entre 30 y 250 kg/m³ (recuérdese que la densidad del aire es de 1'2 kg/m³), dependiendo del tipo de detergente. A igualdad de presión y pérdida de carga, el diámetro de la tubería de ventilación debería ser del 20 al 80 por 100 superior al que se dimensiona para conducir aire.

Las zonas críticas donde se producen sobrepresiones debidas a espumas de detergentes están marcadas en la figura 12.20.

Para evitar la salida de espuma a través de las válvulas de desagüe y rebosaderos es conveniente tener en cuenta estos puntos críticos.

El único remedio a este grave problema es el uso de detergentes que no producen espuma, característica que, además, no empeora la calidad del producto.

2.3.7. Sistemas de evacuación sin red de ventilación

Para conocimiento del lector, se menciona que existen sistemas de evacuación de aguas fecales que funcionan sin red de ventilación.

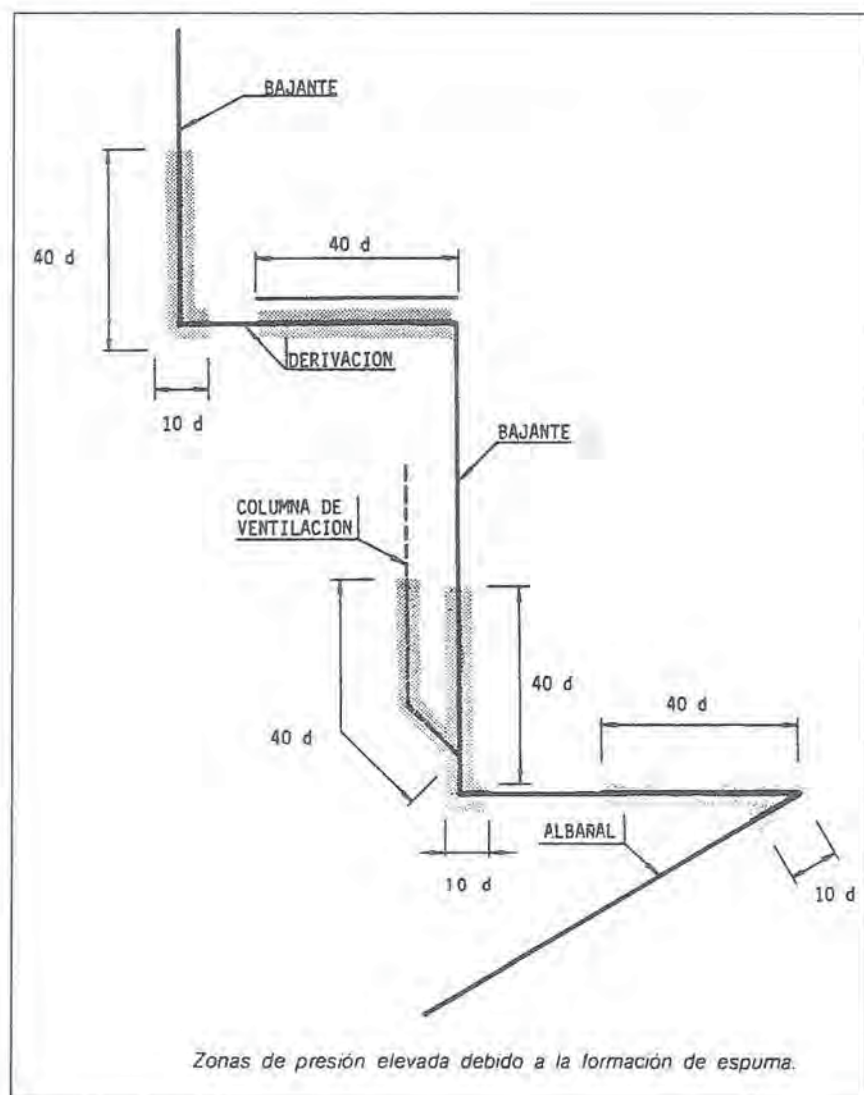
El sistema está constituido por unas piezas especiales en la zona de unión de los ramales con la bajante que producen una aireación de la columna, evitándose así las oscilaciones de presión positivas y negativas que pueden producirse sin la colocación de la red de ventilación.

2.4. Dimensionado de la red de ventilación

2.4.1. Ventilación primaria

La ventilación primaria debe tener un diámetro igual al de la columna que sirve, tanto si la columna de ventilación secundaria se conecta a la primaria como si se entiende hacia el exterior directamente o a través de un colector de ventilación.

fig.12.20



2.4.2. Ventilación secundaria

Recordando la ecuación (22) que aquí se repite:

$$l = 1'72 \times 10^{-7} \times (d^5 / (f \times q^2)) \quad (22)$$

La longitud efectiva de la ventilación secundaria se mide desde el punto de conexión al pie de la columna hasta el punto de descarga encima de la cubierta. En la figura 12.21 se indican los recorridos expresados por la ecuación (22), en función del diámetro de la bajante y del número de UDs conectadas.

El diámetro de la columna de ventilación debe ser igual por lo menos a la mitad del diámetro de la columna de desagüe que sirve.

El 20 por 100, como máximo, de las longitudes efectivas indicadas en la tabla 12.VIII puede estar en posición horizontal.

El dimensionado de un colector de ventilación común a más de una columna se hace con el auxilio de la tabla 12.VIII, considerando como número de UDs la suma de las UDs de las columnas servidas hasta el punto considerado, y como longitud efectiva, la que se mide entre la conexión a la base de la bajante más lejana y la conexión hasta el punto considerado.

La tabla 12.VIII indica que, para diámetros nominales de la columna de ventilación secundaria iguales a la mitad del diámetro de la bajante, las máximas longitudes efectivas están comprendidas entre dos o tres pisos de altura de un edificio.

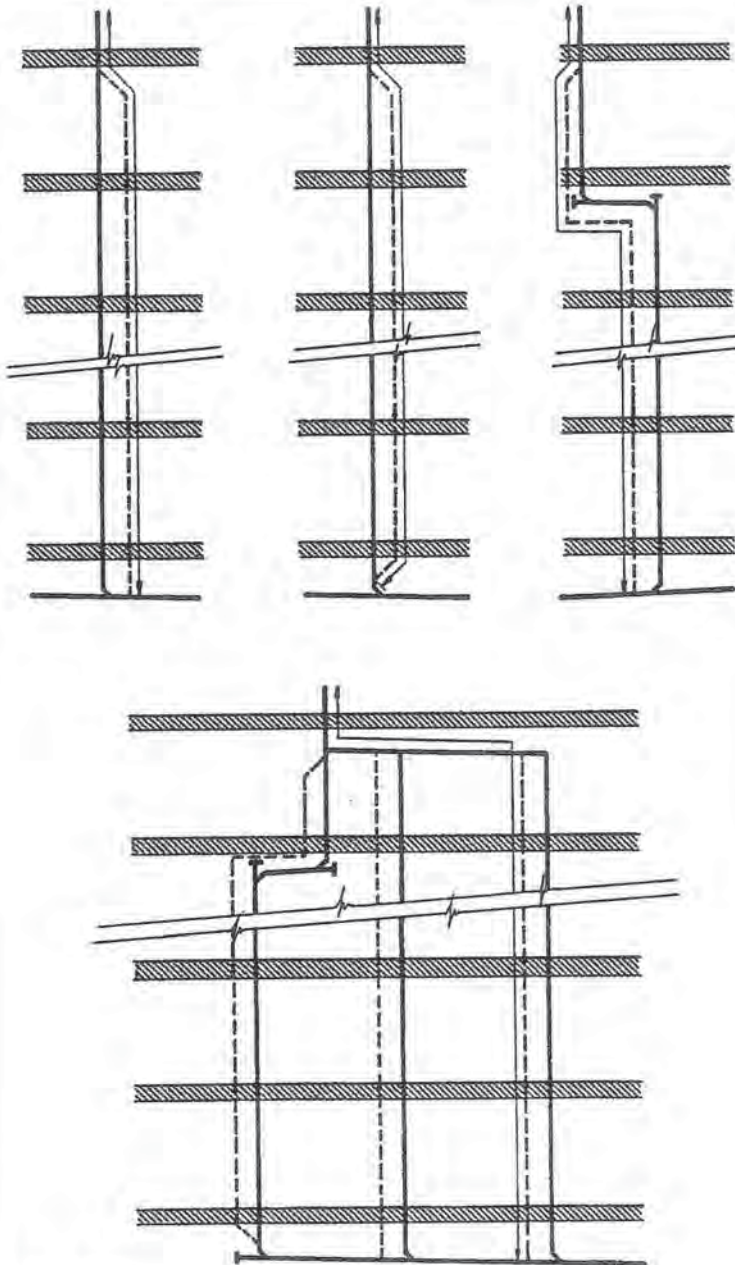


fig.12.21 Longitud efectiva de la ventilación secundaria.

2.4.3. Ventilación terciaria

El diámetro de los ramales de ventilación a los sifones debe ser igual a la mitad del diámetro del ramal de desagüe y, como mínimo, igual a 32 mm.

Para retretes, tazas turcas y fregaderos, el diámetro de la tubería de ventilación puede ser de 40 mm.

Las máximas longitudes de los ramales de ventilación en función del diámetro del ramal de desagüe, de su pendiente y del diámetro del mismo ramal de ventilación, se representan en la tabla 12.X (NBS-National Bureau of Standards, USA).

La tabla está calculada bajo el supuesto de que el agua en los ramales de desagüe llene por mitad la tubería y que,

En consecuencia, si se conectan las columnas de ventilación y la bajante en cada planta, como indica la figura 12.22, el circuito de ventilación puede cerrarse sobre longitudes más cortas, impidiendo la creación de sobrepresiones superiores a ± 250 Pa.

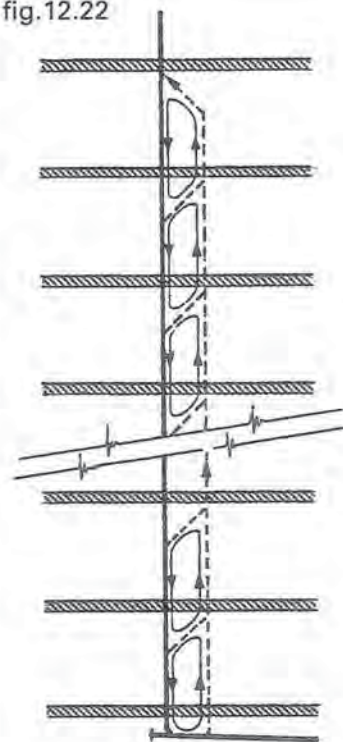
La tabla 12.IX da los diámetros de la columna de ventilación secundaria en función del diámetro de la bajante, si se unen las dos columnas como indica la figura 12.22.

El diámetro del tramo de unión debe ser igual al de la columna de ventilación y lo más corto posible.

Sin embargo, para diámetros de bajante igual o superior a 150 mm., se recomienda seguir el criterio de diseño de la tabla 12.VIII, que para cada pareja de diámetros de bajante y columna de ventilación da las longitudes efectivas en función de las UD.

En todo caso, se recuerda que es conveniente unir las dos columnas, de evacuación y ventilación cada ocho plantas, por lo menos.

fig.12.22



Conexión entre columna de ventilación y bajante en cada piso.

en consecuencia, el caudal volumétrico de aire sea igual al de agua. Véase fórmula de Manning, (ecuación 1).

2.5. Red de evacuación de aguas pluviales

2.5.1 Flujo de agua en las tuberías

Como ya hemos señalado, el diseño de un sistema de evacuación de agua pluvial se hará con el criterio de flujo en tubería llena bajo condiciones de régimen uniforme.

Cuando existe un sistema separativo en el alcantarillado público, la evacuación de aguas pluviales y fecales en los edificios no debe juntarse.

En el caso de un solo sistema de alcantarillado público, pero se prevé una futura separación de las dos aguas, los dos sistemas en el interior del edificio deben diseñarse separados para unirlos, en un primer momento, fuera del edificio, evitándose así grandes reformas en el interior cuando la Administración decida separar los sistemas.

Finalmente, si se dispone de un único sistema de alcantarillado, las dos redes de aguas pluviales y fecales pueden unirse dentro del edificio. En este caso, hay que tener en cuenta:

- La red de aguas pluviales es conveniente sifonarla antes de su conexión a la red de aguas fecales, para evitar que los olores e éstas puedan ser percibidos.
- Las bajantes pluviales no deben ser utilizadas como bajantes fecales o tuberías de ventilación y viceversa porque, si así fuera, las oscilaciones de presión, en los momentos de fuerte lluvia, serían muy superiores a las admisibles por los cierres hidráulicos del sistema de evacuación de aguas fecales.

La conexión entre una bajante pluvial y un albañal en los sistemas mixtos debe hacerse siempre 3 m. aguas-abajo, por lo menos, de una bajante de aguas fecales, para evitar que la descarga de la primera pueda impedir la descarga de la segunda, y en consecuencia, posibles retrocesos de aguas fecales en la misma bajante.

Debido a las fuertes variaciones de temperatura a que están sometidos los puntos de drenaje, los sumideros deben instalarse con una junta de expansión. Si no se toma esta medida, es posible que las dilataciones y contracciones del sumidero puedan dañar la impermeabilización de la cubierta.

Hay que tener en cuenta, también, que el agua de lluvia, en invierno, puede dar lugar a condensaciones sobre la superficie exterior de la tubería. Esto es particularmente grave cuando ésta corre horizontalmente en lugares habitados. En este caso es necesario aislarla.

Por último, es conveniente tener presente en el diseño de la red que la velocidad mínima necesaria para mantener en suspensión, en el agua pluvial, todos los detritos sólidos que transporta, es de 1 m/s, en contra de los 0'6 m/s necesarios para las aguas fecales.

2.5.2. Curvas de intensidad pluviométrica

Para el estudio de una red de evacuación de aguas pluviales de un edificio es necesario el conocimiento de la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia.

Por razones económicas, no se puede diseñar la red para la máxima tormenta que se pueda esperar en la zona y, en consecuencia, se deben fijar unos criterios limitativos.

Para ello se han usado los datos publicados por ICONA, Ministerio de Agricultura, en su monografía "Precipitaciones máximas en España", 1979.

Para cada localidad, las curvas intensidad-duración-frecuencia pueden expresarse por una ecuación hiperbólica que tiene la siguiente forma:

$$i = a / (t + b)^c \quad (24)$$

donde:

i es la intensidad pluviométrica, en mm/h;

t es la duración, en minutos;

a, b y c son constantes que dependen de la localidad y "a", también, de la frecuencia o período de retorno.

La profundidad h , en mm, por cada duración, viene dada por:

$$h = at / (60 \times (t + b)^0) \quad (25)$$

Las estaciones meteorológicas españolas que disponen de datos de precipitaciones máximas en intervalos desde 10 minutos a 72 horas son 20. Para nueve de estas estaciones, la constante "b" es igual a cero.

En el punto 12.5 figuran las gráficas expresadas por la fórmula (24) para cada una de las veinte localidades citadas y para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30 y 50 años.

Las ecuaciones anteriores se expresan en curvas, en el mismo punto 12.5, para facilitar su uso.

Para el resto de localidades españolas, se adjunta en el punto 12.6, el mapa con las precipitaciones máximas en 1 hora, y las curvas de intensidad-duración, para tiempos de lluvia de 10 minutos y a un período de retorno de 10 años.

Sin embargo, las tablas de cálculo, que se darán en el punto 12.4, están elaboradas sobre la base de una intensidad pluviométrica de 100 mm/h con tubo a sección llena.

Si la densidad pluviométrica es distinta de 100 mm/h, hay que aplicar un factor de corrección dado por:

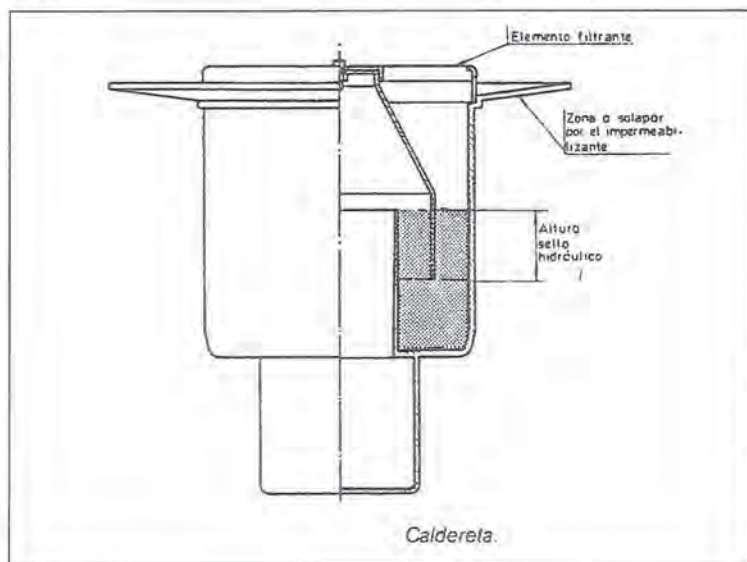
$$f = 100 / i \quad (26)$$

donde "i" es la densidad pluviométrica que se quiere considerar, en mm/h.

2.5.3. Calderetas

Las partes más importantes de una caldereta son. el elemento filtrante, que impide la entrada de cuerpos extraños de dimensiones importantes dentro de la red de evacuación por medio de ranuras más o menos grandes; el anillo para la fijación del material impermeabilizante por encima del cuerpo de la caldereta y el mismo cuerpo (véase en la figura 12.23 una caldereta dotada de sello hidráulico).

fig.12.23

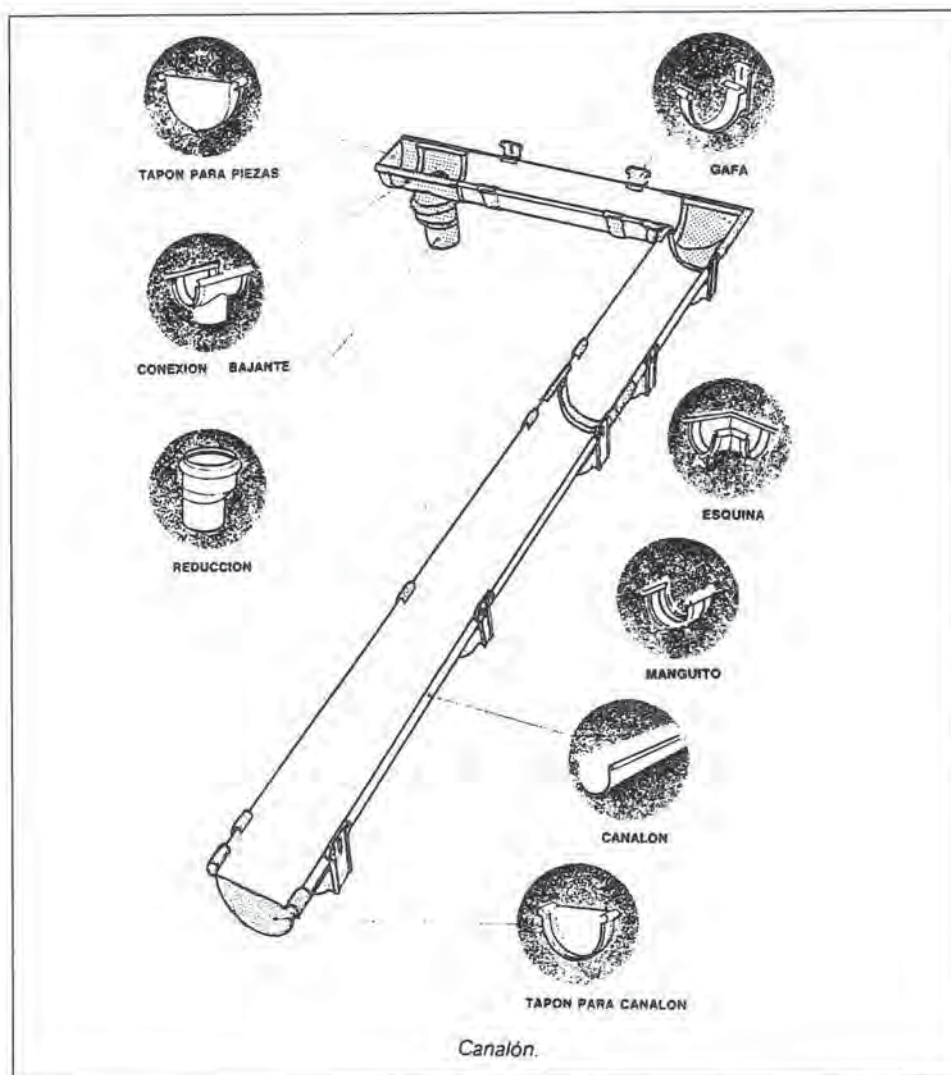


El área de la superficie de paso de agua del elemento filtrante debe ser 1'5 a 2 veces mayor que la superficie de la tubería a la que se conecta.

2.5.4. Canales

En la figura 12.24 se representa un típico canalón de sección semicircular, cuyo diámetro puede variar de 100 a 250 mm.

fig.12.24



2.5.5. Pendiente de las terrazas

Las terrazas deben tener una pendiente hacia las calderetas no mayor del 0'5 por 100 para no dificultar el paso de las personas.

El número de puntos de evacuación debe ser lo suficientemente elevado como para impedir la creación de grandes desniveles, mayores de 150 mm, y tener una cierta seguridad de que, en caso de obstrucción de una vía de evacuación, las otras puedan suplir esta deficiencia sin sobrecargar demasiado la estructura.

En efecto, una lámina de agua de 1 cm. de altura provoca una carga de casi 100 N/m² (10 kg/m²). Es aconsejable, en consecuencia, poner rebosaderos en puntos estudiados de la cubierta a una altura tal que, en caso de obstrucción o de una intensidad pluviométrica superior a la de diseño, la sobrecarga sobre el elemento estructural no rebase la prefijada.

2.5.6. Sistema de drenaje controlado

Se ha dicho con anterioridad que el concepto que guía el diseño de una red de evacuación de aguas pluviales es de evacuarlas tan pronto se recogen sobre la superficie de la cubierta.

Las desventajas de este sistema son que requiere un dimensionado adecuado a los caudales de punta y que, en el caso de sistemas mixtos, como son la mayoría, en las eventuales plantas de tratamiento de aguas fecales se deben pasar grandes cantidades de agua.

Estos problemas se reducen drásticamente con la aplicación de un sistema de drenaje controlado. Se trata de drenar el agua de las cubiertas a un caudal inferior al de aportación,

permitiendo una acumulación controlada encima de la cubierta.

El procedimiento de diseño es un poco sofisticado; aquí nos limitamos a dar los criterios generales que se siguen en el cálculo de estos sistemas en los Estados Unidos.

Se recomienda que la terraza tenga un conjunto de rebosaderos que impida que la altura media del agua rebase 80 mm, lo que significa que la diferencia de cota entre puntos altos y bajos de la cubierta debe ser igual a 160 mm. La sobrecarga media que resulta sobre la estructura es, en consecuencia, de 800 N/m² (80 kg/m²).

En cuanto a la intensidad pluviométrica, es aconsejable considerar la correspondiente a un período de retorno de 30 años y estudiar el comportamiento del sistema para períodos de retorno de 50 años y de 100 años, si se poseen datos estadísticos.

Téngase en cuenta que la mayoría de las redes de alcantarillado público en España están calculadas para períodos de retorno de 5 o 10 años.

Otro factor importante es el tiempo requerido para el drenaje total de la terraza. Este tiempo varía entre 8 y 24 horas como máximo, según la elección que haga el proyectista.

Por último, hay que considerar que, en caso de utilizarse este sistema de evacuación, la impermeabilidad de la cubierta debe ser ejecutada de forma ejemplar.

2.6. dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales

2.6.1. Calderetas

Se recomienda que el número mínimo de calderetas en función de la proyección horizontal de la superficie cubierta sea:

Superficie m ²	Número mínimo de calderetas
< 1.000	2
1.000 a 2.000	3
2.000 a 5.000	4
> 5.000	1 / 1.500 m ²

Si bien, la forma de la cubierta puede obligar a colocar un número mayor de puntos de recogida de los que el cálculo determine.

Recuérdese que la pendiente máxima de la terraza debe ser del 0'5 por 100 y que es conveniente que la diferencia en altura entre puntos alto y bajo sea igual o inferior a 15 cm.

Por último, es importante que la superficie libre de entrada del agua en la caldereta sea superior a 1'5 veces la de la bajante pluvial.

2.6.2. Canales

En la tabla 12.XI se dan los caudales máximos para canales de sección semicircular, traducidos directamente en proyección horizontal de superficie de cubierta, en función del diámetro y de la pendiente, para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. (El régimen pluviométrico se expresa en mm. de altura de lluvia caída durante una hora y por m² de superficie).

Para un régimen pluviométrico distinto, "i" en mm/h, hay que multiplicar la superficie indicada en la tabla por el factor de corrección definido en la ecuación (26):

$$f = 100/i \quad (26)$$

En caso de adoptar canales de sección cuadrangular, debido a la mayor resistencia que ofrecen al paso del agua por su forma, su sección equivalente deberá ser un 10 por 100 superior a la de los canales semicirculares.

2.6.3. Bajantes

La proyección horizontal de la superficie servida por cada bajante pluvial se indica en la tabla 12.XII, y está calculada con tubo a sección llena en régimen permanente.

Para regímenes pluviométricos distintos de 100 mm/h se debe multiplicar la superficie cubierta por el factor "f" indicado en la fórmula (26).

2.6.4. Albañales

Como se ha dicho en repetidas ocasiones, los albañales para aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente.

La tabla 12.XIII nos da la proyección horizontal de las superficies máximas servidas por los colectores horizontales en función del diámetro y la pendiente.

Para regímenes pluviométricos distintos de 100 mm/h, multiplicar, como de costumbre, por el factor "f" de la ecuación (26) los valores de superficie indicados en la tabla.

2.7. sistemas mixtos de evacuación

Como ya se ha dicho en el párrafo 12.2.5.1., es buena práctica tener separados los sistemas de aguas fecales y pluviales y unirlos, si es necesario, fuera del edificio.

No obstante, si, por razones económicas, se desea realizar un sistema mixto, solamente en albañales, a continuación se da un sencillo método de cálculo.

Para ello, hay que convertir el número de UD's en superficie equivalente de cubierta, para luego sumarlo a la superficie real de la terraza y dimensionar los colectores con el auxilio de la tabla 12.XIII.

El procedimiento para convertir las UD's en superficie equivalente es el siguiente:

$$\text{- para UD's} \leq 250 \quad S. eq = 90 \text{ (m}^2\text{)} \quad (27)$$

$$\text{- para UD's} > 250 \quad S. eq = 0'36 \text{ UD's (m}^2\text{)} \quad (28)$$

donde S. eq es la superficie equivalente expresada en m².

En efecto, si se examinan las tablas de diámetros en función del número de UD's (tabla 12.VII) y de caudales (tabla 12.II), se ve fácilmente que cada UD por encima de 250 corresponde a un caudal de 0'01 dm³/s, aproximadamente.

En consecuencia:

$$0'36 \text{ m}^2 \times 100 \text{ mm/h} = 36 \text{ dm}^3/\text{h} = 0'01 \text{ dm}^3/\text{s} \quad (29)$$

o sea:

$$1 \text{ UD} = 0'36 \text{ m}^2 \quad (30)$$

naturalmente, con un régimen pluviométrico de 100 mm/h.

Para caudales de desagüe de equipos, para los cuales el flujo se puede considerar continuo, se deben tomar 36 m² de superficie equivalente por cada dm³/s de caudal. En otras palabras, si C es el caudal de desagüe, en dm³/s, resulta:

$$S. eq = 36.C \quad (31)$$

Si el régimen pluviométrico "i" es distinto de aquel para el cual está calculada la tabla 12.XIII (100 mm/h), es necesario multiplicar los valores de superficie equivalente calculados con las ecuaciones (27), (28) y (31) por el factor de corrección:

$$f = 100/i \quad (26)$$

2.8. Sistemas de bombeo

2.8.1. Generalidades

Cuando una parte de un sistema de evacuación está por debajo de la cota de la red de saneamiento público y, en consecuencia, no puede descargar sus aguas por gravedad, es necesario, primero, recoger estas aguas en un depósito acumulador y, luego, elevarlas de cota por medio de un equipo de bombeo para descargarlas en el sistema de evacuación.

En el diseño de un sistema de elevación de aguas usadas se deben tener presentes los siguientes conceptos:

- a) No se debe permitir que en el depósito entren aguas que contengan grasas, aceites, gasolinas o cualquier líquido inflamable. Si tal peligro existe, hay que poner un separador antes de la entrada de las aguas en el depósito.
- b) Evitar, por todos los medios, descargar en la fosa aguas que podrían ser vertidas directamente por gravedad en la red pública de alcantarillado, porque un sistema por gravedad depende, para su funcionamiento, de un equipo mecánico que está sujeto a fallos y que además consume energía.
- c) Debe evitarse descargar en el depósito aguas de lluvia, porque éstas obligarían a un sobredimensionado del tanque y del equipo de elevación.

2.8.2. Fosa de recepción

El depósito acumulador de aguas fecales debe ser de construcción estanca para evitar la salida de malos olores en el lugar donde esté emplazado.

por esta razón y para descargar de la fosa el aire que es reemplazado por las aguas de aportación y, también, para alimentar la fosa con aire cuando las aguas son bombeadas fuera, es necesario dotar el depósito de una tubería de ventilación, cuyo diámetro debe ser por lo menos de 80 mm.

El tanque debe tener, preferiblemente, una superficie en planta de sección circular, para evitar la acumulación de depósitos sólidos en esquinas, rincones, etc.

El dimensionamiento del depósito debe hacerse de tal manera que se limite el número de arrancadas de la bomba; un valor aceptable es de 12 por hora.

Si indicamos con:

C_b el caudal de la bomba, en dm^3/s ;

S la superficie en planta del depósito, en m^2 ;

H_n la altura neta del depósito de volumen V_n , en m y m^3 , respectivamente;

H_t la altura total del depósito de volumen V_t , en m y m^3 , respectivamente;

resulta:

$$V_n = (3.600 \text{ (s/h)} / 12 \text{ arrancadas/h)} \times C_b \times 1/1.000 = 0'3 C_b \quad (32)$$

$$H_n = V_n / S \quad (33)$$

La superficie S depende de las dimensiones de la bomba y del número de ellas que se vayan a instalar.

De otra parte hay que comprobar que la capacidad del depósito no sea nunca superior a la mitad de la aportación media diaria de aguas negras, para evitar que éstas se descompongan

dentro del depósito.

De la altura neta H_n del depósito se pasa a la altura total H_t teniendo en cuenta los siguientes factores (veéase Fig. 12.25).

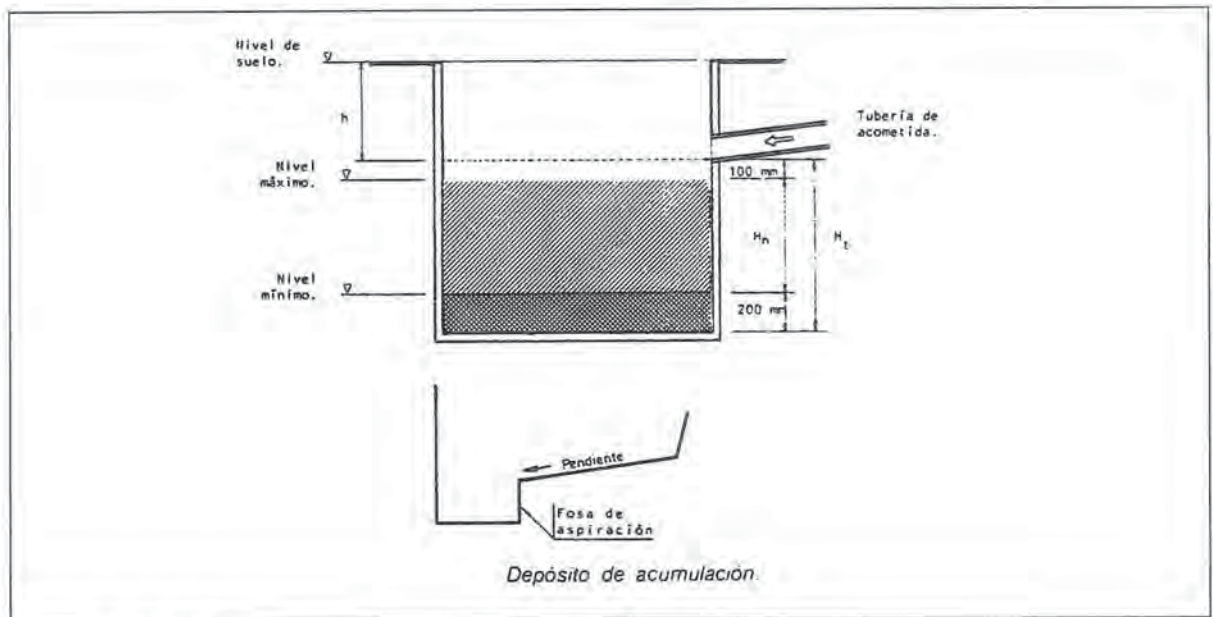


fig.12.25

- Dejar un mínimo de 10 cm. entre el nivel máximo del agua en el depósito y la generatriz inferior de la tubería de acometida, o de la más baja de las generatrices inferiores de las tuberías de acometida, para evitar su inundación y permitir la circulación del aire;
- Dejar al menos 20 cm entre el nivel mínimo del agua en el depósito y el fondo para que la boca de aspiración de la bomba esté siempre sumergida (consultar con el fabricante de la bomba si se necesita más altura).

En consecuencia.

$$H_t = H_n + 0'3 \quad (34)$$

Es recomendable que esta altura sea, como mínimo, igual a 1 m.

A esta altura habrá que añadir la diferencia de cota entre el nivel del suelo y la generatriz inferior de la tubería (h en figura 12.25), para obtener la profundidad total de depósito.

A veces, cuando el depósito es muy grande y se usan bombas de tipo sumergible, éstas se alojan en una fosa para reducir la cantidad de agua que se queda por debajo de la boca de aspiración. La misma forma puede tener el fondo del tanque cuando existen dos cámaras, una para recibir las aguas negras (fosa húmeda) y otra para alojar las bombas (fosa seca).

El fondo del tanque deberá tener una pendiente mínima del 25 por 100.

El caudal de entrada de aire al tanque deberá ser igual al de la bomba.

El diámetro del tubo de aireación podrá ser igual a la mitad del de acometida y, por lo menos, de 80 mm.

2.8.3. Dispositivos de elevación

El proyectista deberá decidir sobre la conveniencia de instalar una o más bombas de elevación.

Esta elevación depende:

- Del caudal que se debe evacuar.
- Del riesgo que la eventual rotura de la única bomba implica para la instalación.

El caudal de aguas fecales que se necesita evacuar se estima con el método de las Unidades

de Descarga y el cálculo de las probabilidades.

Recordando que:

$$1 \text{ UD} = 0'47 \text{ dm}^3/\text{s}$$

y que el coeficiente de simultaneidad de uso puede calcularse con la fórmula:

$$c = (N - 1)^{0'5} \quad (35)$$

siendo:

c el coeficiente de simultaneidad;

N el número de aparatos sanitarios;

si en este caso, N se hace igual al número de UD's, resulta, evidentemente:

$$Q_a = Q \times C \quad (36)$$

$$Q_a = 0'47 \times \text{UDs} \times (\text{UDs} - 1)^{0'5} \quad (37)$$

habiendo indicado con Q_a el caudal de aportación (en dm^3/s).

El caudal de la bomba debe ser siempre igual o mayor del 125 por 100 del caudal de aportación:

$$Q_b \geq 1'25 Q_a \quad (38)$$

Una vez calculado el caudal que se debe evacuar, se decide el número de bombas a colocar, siendo conveniente sean todas iguales.

Para determinar la presión manométrica de la bomba hay que sumar:

- la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe enviar el agua y el nivel mínimo del agua en el depósito, y
- la pérdida de carga de la tubería, que se calculará siguiendo los métodos usuales, desde la boca de la bomba hasta el punto más elevado.

Desde este punto más elevado, la tubería será instalada con una pendiente entre el 1 y el 2 por 100 para que el agua pueda fluir por gravedad.

El diámetro de la tubería desde la bomba al punto más alto se mantiene, usualmente, igual al diámetro de la boca de descarga de la bomba.

Desde el punto más alto en adelante, la tubería se calculará como un albañal, con la pendiente que se haya fijado.

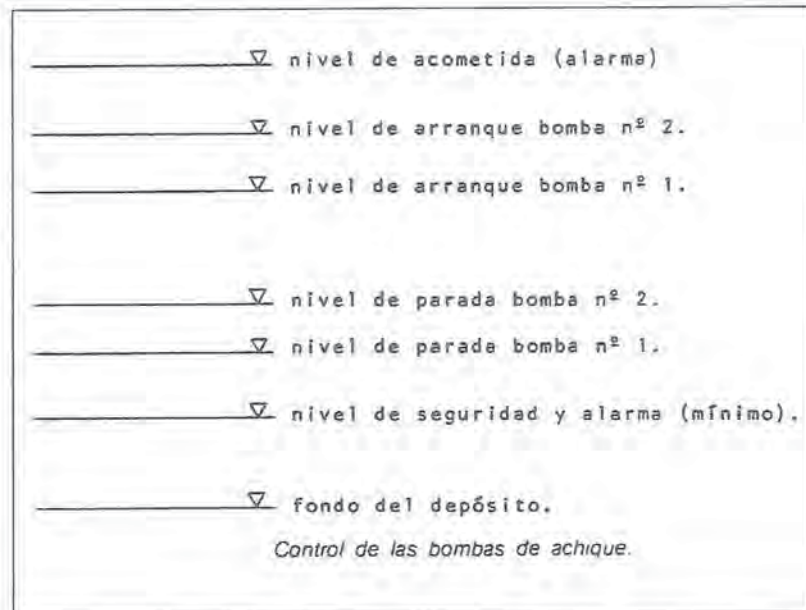
Las bombas deberán ser de diseño especial, de tal manera que se garantice una protección adecuada contra las materias sólidas en suspensión en el agua.

2.8.4. Control

Para controlar la marcha y parada de la bomba se utilizan interruptores de nivel, de varios tipos y modelos, puestos en los niveles alto y bajo, respectivamente. Se instala, además, un nivel de alarma por encima del nivel superior y, a veces, otro de seguridad por debajo del nivel mínimo.

Si las bombas son dos o más, el principio de funcionamiento es el mismo, sólo que se multiplica proporcionalmente el número de interruptores. Se añade, además, un dispositivo para alternar el funcionamiento de las bombas con el fin de mantenerlas en igual estado de uso. El funcionamiento de las bombas es secuencial, aún cuando una de ellas sea de reserva (Fig. 12.26).

fig.12.26



3. PRUEBAS

3.1. Generalidades

Los sistemas de evacuación de aguas fecales y pluviales deben ser probados antes de que queden ocultos por las obras de albañilería, para averiguar su estanqueidad.

Las pruebas que se describirán a continuación son muy sencillas y, además, poco costosas. No existen razones para evitarlas y deberían ser de práctica usual, como lo son las pruebas de presión de las tuberías de conducción de agua.

Las pruebas deberán hacerse sobre el sistema total, bien de una sola vez o por partes.

3.2. prueba con agua

Esta prueba debe efectuarse sobre las redes de evacuación de aguas fecales y pluviales. Para ello es necesario taponar todos los terminales de las tuberías de evacuación, excepto los de cubierta, y llenar la red con agua hasta rebosar.

La presión a la que cualquier parte de la red debe estar sometida no deberá ser inferior a 0'3 bar (0'3 kg/cm²), ni superar el máximo de 1 bar (1 kg/cm²).

Cualquier presión en exceso podría provocar la deformación o la desunión de las piezas especiales.

En consecuencia, si el sistema es más alto de 10 m. de columna de agua, que corresponde justamente a una presión de 1 bar, habrá que efectuar las pruebas por fases, subdividiendo la red en dos o más partes en sentido vertical.

Es posible, y desde luego económicamente conveniente, probar la red por partes, por ejemplo, las redes de pequeña evacuación, las columnas y los albañales, con presiones entre 0'3 y 0'6 bar, suficientes para detectar fugas.

No es necesario probar con agua la red de ventilación; pero si toda o parte de esta red, si está ya instalada en el momento de la prueba, será necesariamente sometida a la presión del agua, como ocurre, en la práctica, con la columna de ventilación secundaria.

Los fallos de montaje en las uniones se detectan rápidamente por la pérdida de agua a que dan lugar.

La prueba se puede dar por terminada solamente cuando ninguna de las uniones, que son los puntos más débiles del sistema, acusan una pérdida de agua.

Se recomienda tener particular cuidado en la inspección de las partes de la red que se desarrollan horizontalmente, como la red de pequeña evacuación y los albañales.

Cabe destacar que esta prueba se complica un poco por la presencia de la red de pequeña evacuación, debido a que se deben taponar todas las salidas hacia los aparatos sanitarios. De otra parte, es impensable probar una red excluyendo la pequeña evacuación, ya que es justamente aquí donde una pérdida causa las mayores molestias para los usuarios.

Nos parece preciso recalcar otra vez, como se ha hecho a lo largo de todo este trabajo, la conveniencia, desde los puntos de vista técnico y económico, de reducir la extensión de la red de pequeña evacuación a lo mínimo indispensable, adoptando una disposición racional de los aparatos sanitarios con respecto a la columna de evacuación.

A veces, la prueba con agua se sustituye por una prueba con aire, a una presión de 0'5 a 1 bar como máximo. Esta prueba, si de un lado puede resultar más sencilla, de otro hace más dificultosa la detección de las faltas de estanquidad de la red.

Esta prueba se puede dar por terminada satisfactoriamente cuando la presión se mantenga constante durante unos minutos.

3.3. prueba con humo

Esta prueba se efectúa sobre la red de evacuación de aguas fecales y su correspondiente red de ventilación.

Después del montaje completo de toda la red de evacuación y de los aparatos sanitarios con sus cierres hidráulicos, el sistema debe someterse a una prueba con humo para averiguar su estanquidad.

Debe utilizarse un producto que produzca un humo espeso y que, además, tenga un fuerte olor.

La introducción del producto se hace por medio de máquinas o bombas y se efectúa en la parte baja del sistema, desde distintos puntos si es necesario, para inundar completamente el sistema, después de haber llenado con agua todos los cierres hidráulicos.

Cuando el humo empieza a aparecer por los terminales de cubierta del sistema, éstos se deben taponar a fin de mantener una presión de gases de 250 Pa ($0'0025 \text{ bar} = 0'0025 \text{ kg/cm}^2$).

Se logra así comprobar que el sistema resistirá, durante su funcionamiento, a las fluctuaciones de presión de $\pm 250 \text{ Pa}$, para las cuales ha sido diseñado, sin pérdida de estanquidad en los cierres hidráulicos.

La prueba se da por terminada satisfactoriamente cuando no se detecta presencia de humo y olores en el interior del edificio.

Naturalmente, no es preciso someter a esta prueba la red de evacuación de aguas pluviales si ésta, como se ha recomendado en otra parte de esta publicación, está separada del sistema de evacuación de aguas fecales.

4. EJEMPLOS DE APLICACION

Para una mejor comprensión de cómo utilizar este capítulo, a continuación desarrollaremos unos ejemplos.

En el ejemplo 1 se realiza el cálculo del régimen pluviométrico "i" necesario para el dimensionado de la red de desagües. Figuran dos casos, que son los que pueden presentarse en la práctica:

Caso a). Edificio ubicado en una de las 20 ciudades en que existen estaciones meteorológicas con datos de precipitaciones máximas en intervalos de 10 minutos a 2 horas y con períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30 y 50 años. Para este caso, basta elegir la curva adecuada y se lee directamente el valor "i".

Caso b). Edificio situado en localidad distinta a las 20 consideradas en el ejemplo anterior. Para resolver este segundo caso debe utilizarse el mapa de precipitaciones máximas en 1 hora y con períodos de retorno de 10 años para buscar la isoyeta (curva de igual régimen pluviométrico) y zona correspondiente al lugar elegido. Una vez determinados, se elige la curva adecuada, y se lee directamente el valor "i".

En el ejemplo 2 se realiza el dimensionado de la red de desagües de un edificio de 4, 8 y 16 plantas, determinando las bajantes y albañales para sistema separativo de pluviales y fecales y para sistema mixto.

4.1. cálculo del régimen pluviométrico "i"

Caso a):

Edificio situado en una de las 20 ciudades en que existen estaciones meteorológicas con datos de precipitaciones máximas en intervalos de 10 minutos a 2 horas y con períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30 y 50 años.

Se busca la gráfica de la localidad determinada (punto 12.5) y se eligen los minutos y período de retorno de proyecto (según se ha visto en el punto 12.2.5.2, se aconseja una duración de lluvia de 10 minutos y un período de retorno de 10 años).

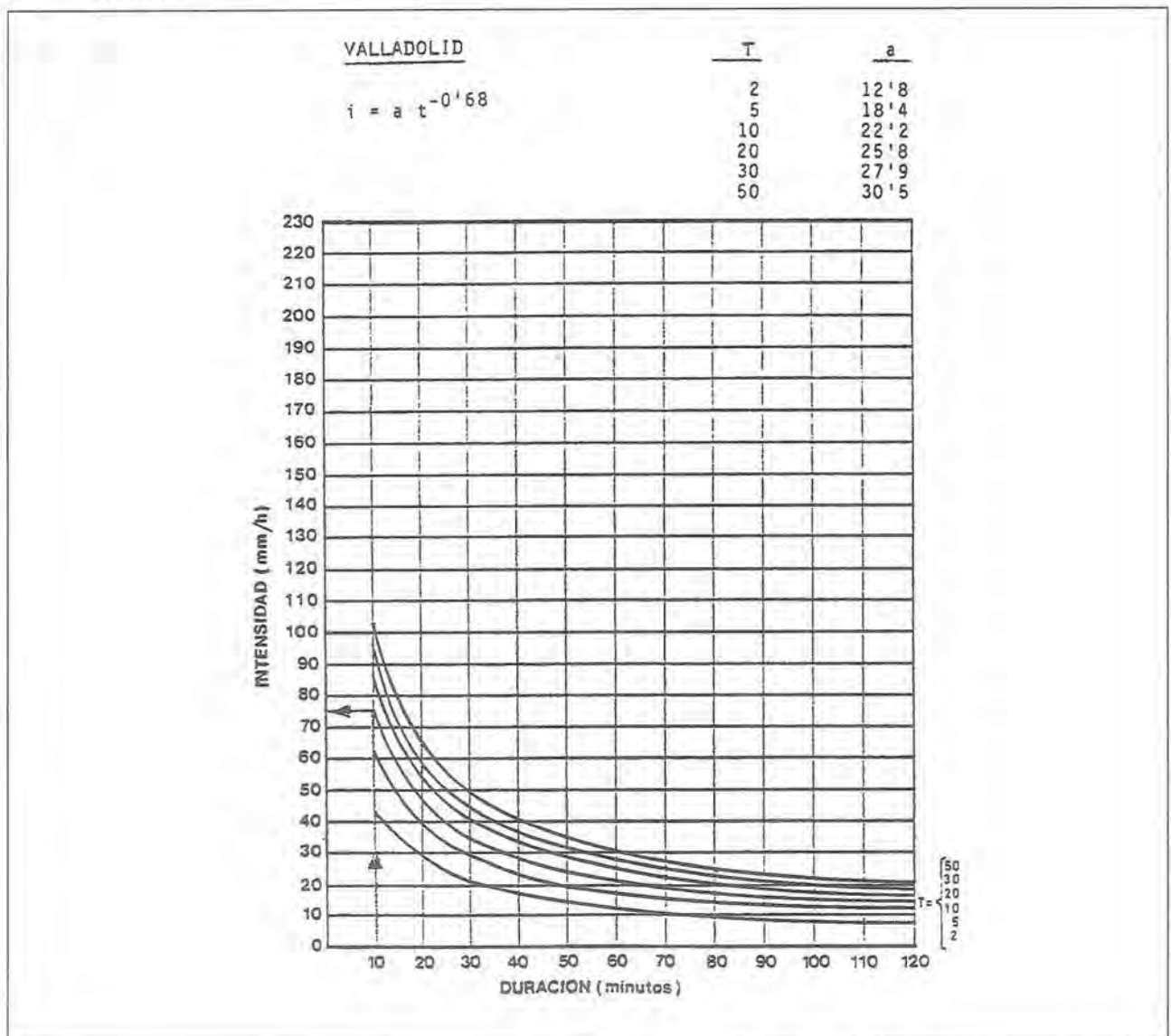
Una vez fijados esos valores, tenemos determinado el punto de corte de la curva correspondiente al período de retorno considerado, y ya se puede leer directamente en ordenadas el valor de la intensidad "i" en mm/h.

Ejemplo: Localidad, Valladolid.

Variables de proyecto: Período de retorno, 10 años. Duración de lluvia, 10 minutos.

Intensidad de lluvia. 75 mm/h.

tabla.27



Caso b):

Edificio situado en localidad distinta a las 20 consideradas en el caso a).

En el supuesto de que el edificio se halle ubicado en una localidad en la que no exista estación meteorológica con datos de precipitaciones máximas en intervalos de 10 minutos a 72 horas y con periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30 y 50 años, el proceso a considerar es el siguiente:

Se busca en el mapa, que figura en el punto 12.5, la ubicación de la localidad y determinamos la zona A o B en que se encuentra, así como la isoyeta (curva de igual régimen pluviométrico) que le corresponde.

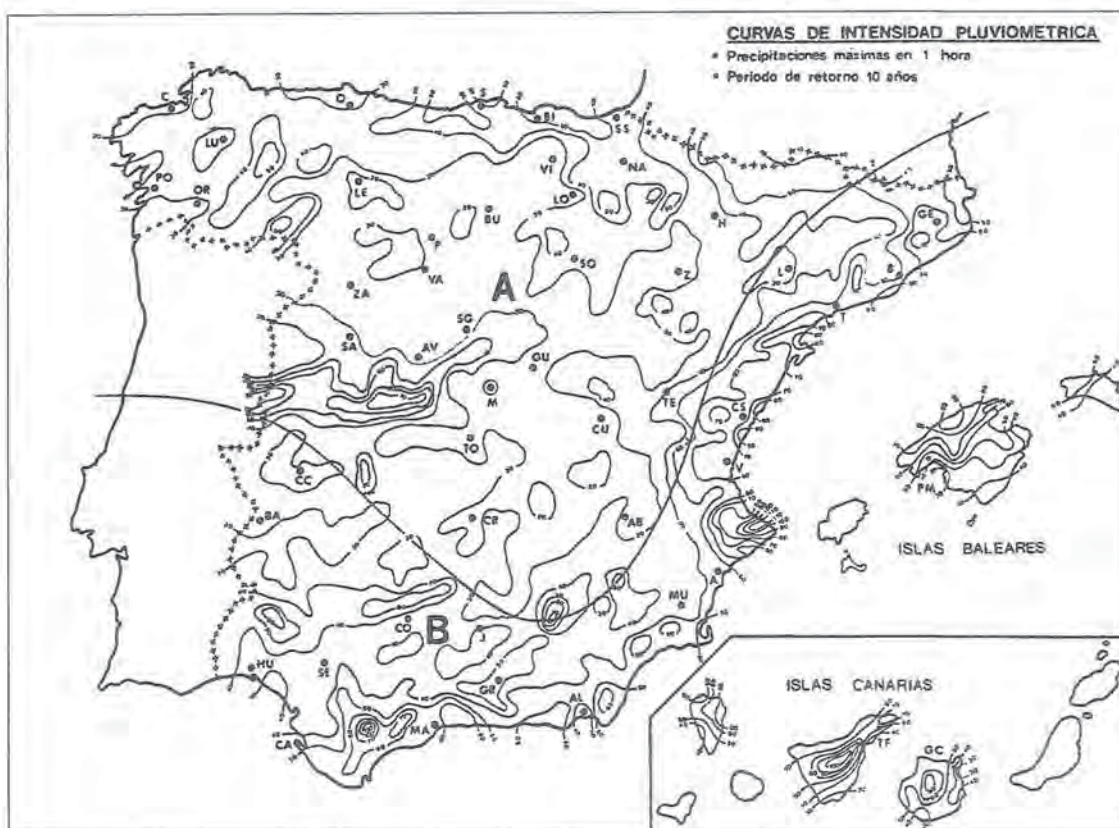
Una vez determinados, se elige la gráfica de la zona A o B en la que está ubicado, y en ella se escoge la curva correspondiente al régimen pluviométrico y con la duración de lluvia de proyecto (habitualmente, 10 minutos, según punto 12.2.5.2) se lee directamente en ordenadas el valor de la intensidad "i" en mm/h.

Ejemplo: Localidad, Avila.

Zona: A.

Isoyeta: 30 mm en 1 hora.

fig.28



Variables de proyecto: Período de retorno ≤ 10 años.

Duración de lluvia: 10 minutos.

Intensidad de lluvia: 90 mm/h.

Curvas de Intensidad - Duración.

- Duración de lluvia de 10 min. a 2 h.
- Periodos de retorno: 2, 5 y 10 años.

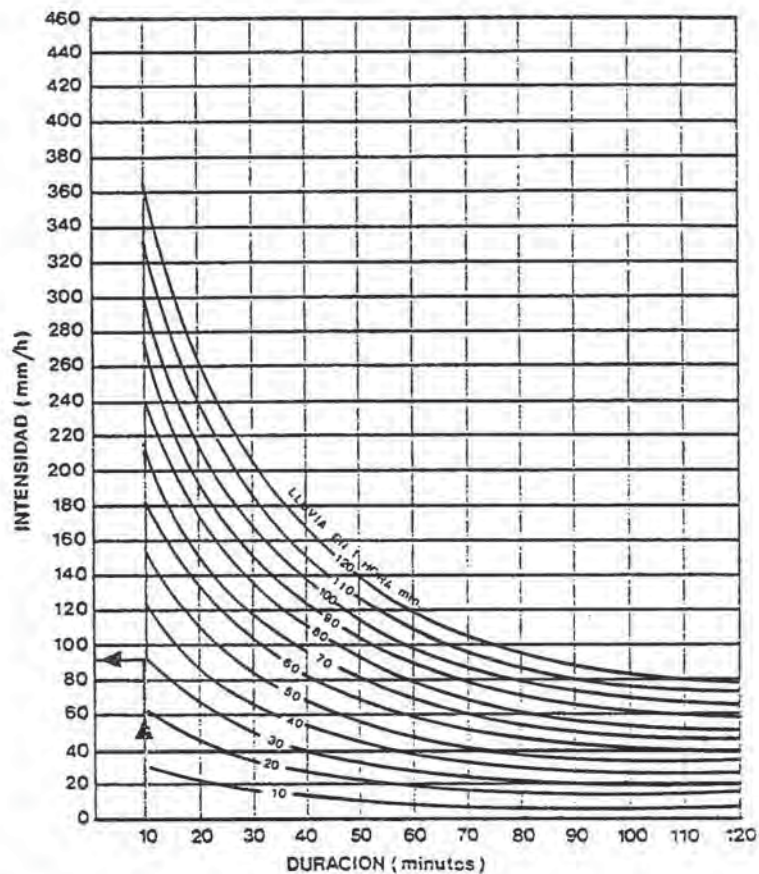


fig.12.29

4.2. Dimensionado de la red de desagües de edificios de diferente altura

Datos característicos del edificio:

- * Situado en Toledo.
- * Edificio de 4, 8 y 16 plantas.

Planta de cubierta 40 x 20 m. Figura 12.30.

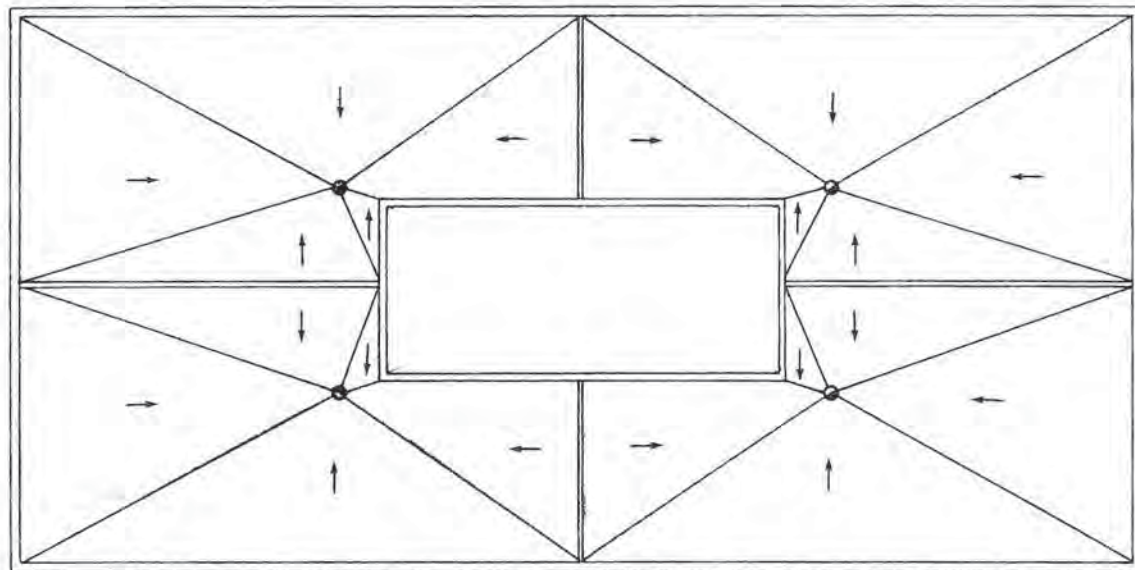
Número bajantes pluviales: 4.

Planta esquemática tipo. Figura 12.31.

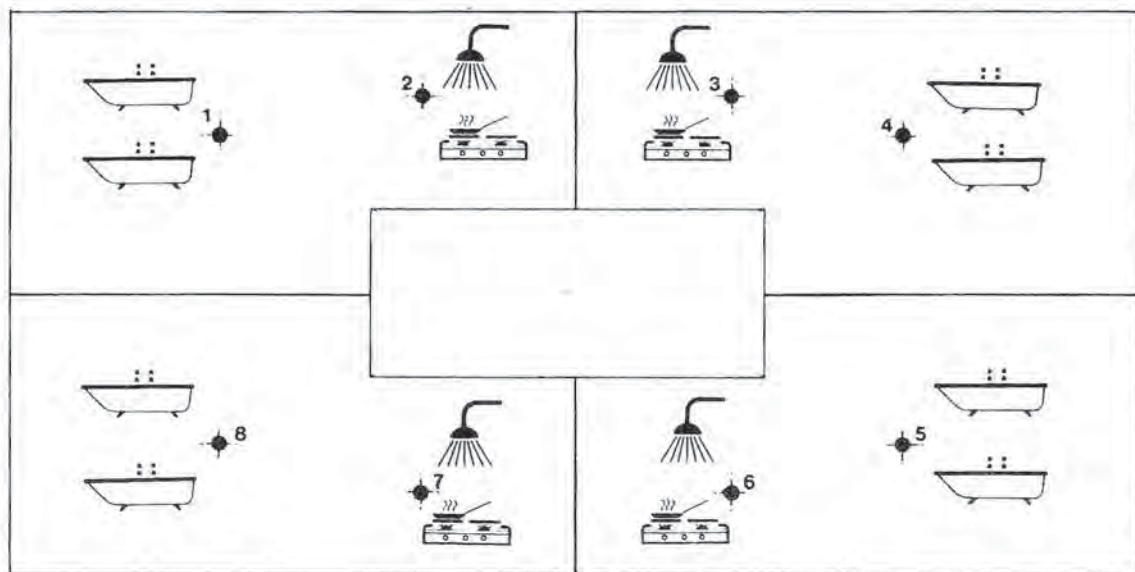
Número bajantes fecales: 8.

A las bajantes fecales 1, 4, 5 y 8 acomenten dos cuartos de baño.

A las bajantes fecales 2, 3, 6 y 7 acomenten un cuarto de aseo y una cocina.



PLANTA DE CUBIERTA
con bajantes de pluviales
Figura A.



PLANTA ESQUEMATICA TIPO
Con bajante de fecales
Figura B.

fig.12.30 y 12.31

Una vez conocidos estos datos característicos del edificio, procederemos al cálculo de la red de desagües.

Para hallar el régimen pluviométrico, fijamos una duración de lluvia de 10 minutos y un período de retorno de 10 años, en el punto 12.5 se encuentra la gráfica correspondiente a Toledo, y según el ejemplo anterior Caso a), obtenemos un valor de 80 mm/h (Fig. 12.32).

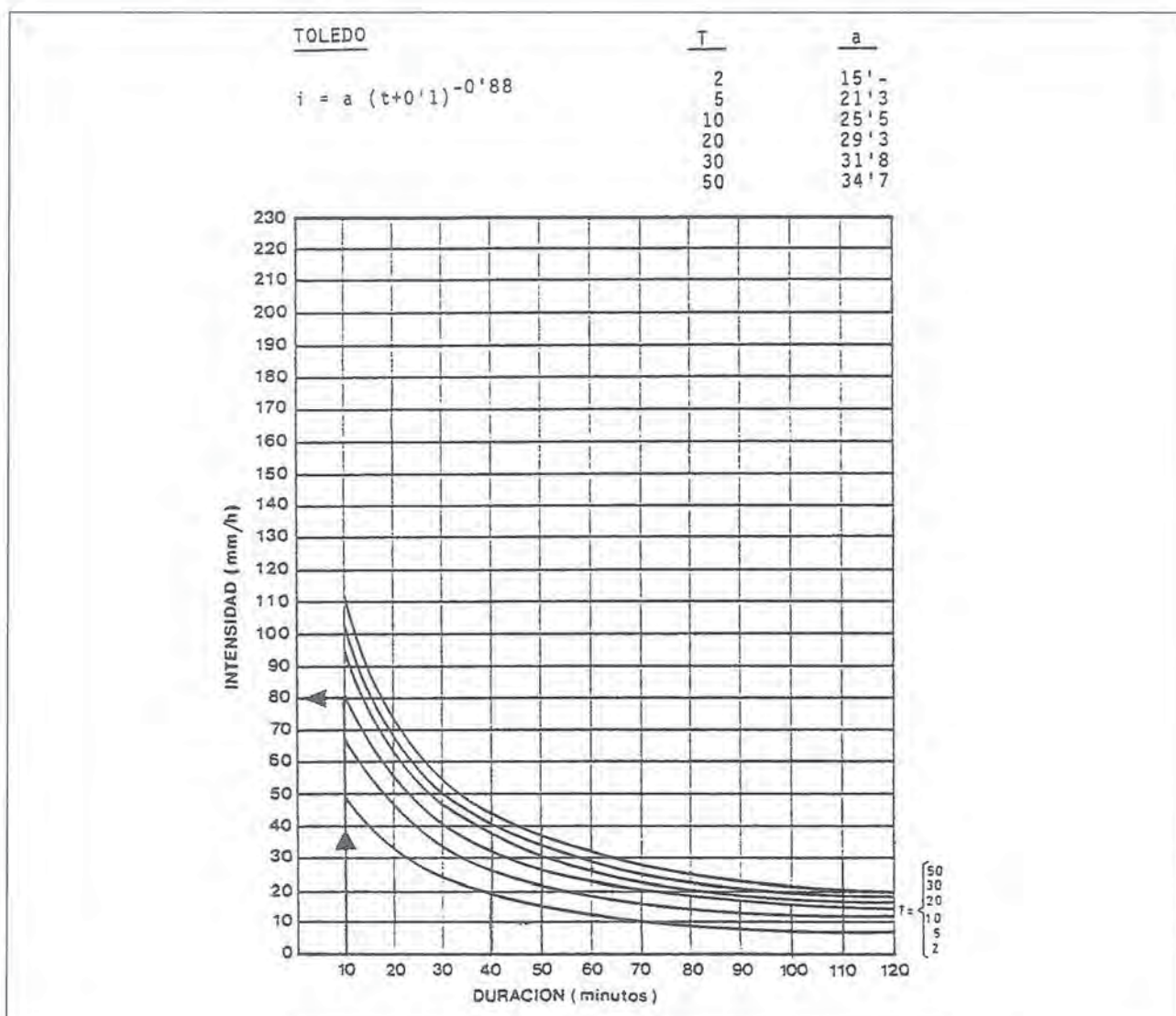


fig.12.32

Como ya hemos indicado en los puntos 12.2.5.2, 12.2.6.2, 12.2.6.3 y 12.2.6.4, todas las tablas vienen dadas para un régimen pluviométrico de 100 mm/h, y se indica que en el caso de que el régimen pluviométrico sea distinto, los valores de las tablas deben multiplicarse por un coeficiente de corrección de valor $f = 100/i$; para este caso concreto $F = 100/80 = 1.25$.

Una vez calculado el factor f para todo lo referente a pluviales, vamos a evaluar la incidencia de los aparatos sanitarios de los locales en donde existe agua.

La tabla 12.IV, punto 12.6, proporciona el número de UD's (unidades de desagüe) para cada aparato sanitario y el diámetro mínimo del sifón y ramal de desagüe, según sea el uso público o privado para el que vaya a utilizarse.

Según la tabla 12.IV y para uso privado:

Sifón y ramal de desagüe mínimo		Nº de Uds
Cuarto de baño		7
- lavabo	32	
- inodoro con cisterna	80	
- bañera	40	
- bidet	32	
Cuarto de aseo		6
- lavabo	32	
- inodoro con cisterna	80	
- polibán	40	
Cocina		6
- fregadero	40	
- lavaplatos	40	
- lavadora	40	

Nota: Para la cocina se ha considerado que cuando funciona la lavadora, no lo hace el lavaplatos y viceversa.

a) Sistema separativo: Pluviales

* Cálculo de las bajantes.

La superficie de la cubierta es de 800 m², como el número de bajantes es de 4, según se puede observar en la figura A, corresponden 200 m² de superficie por bajante.

- Superficie de cubierta: 800 m²

- Número de bajantes: 4 Figura 12.30

- Superficie por bajante: 200 m²

Una vez conocida la superficie proyectada por bajante, vamos a la tabla 12.33, en la que se da la máxima superficie proyectada de cubierta por diámetro de bajante, calculada para un régimen de 100 mm/h; como el caso que nos ocupa es de 80 mm/h, según 12.2.6.3, los valores de la tabla 12.XII deben multiplicarse por el factor $F = 100/80 = 1'25$.

tabla 12.33

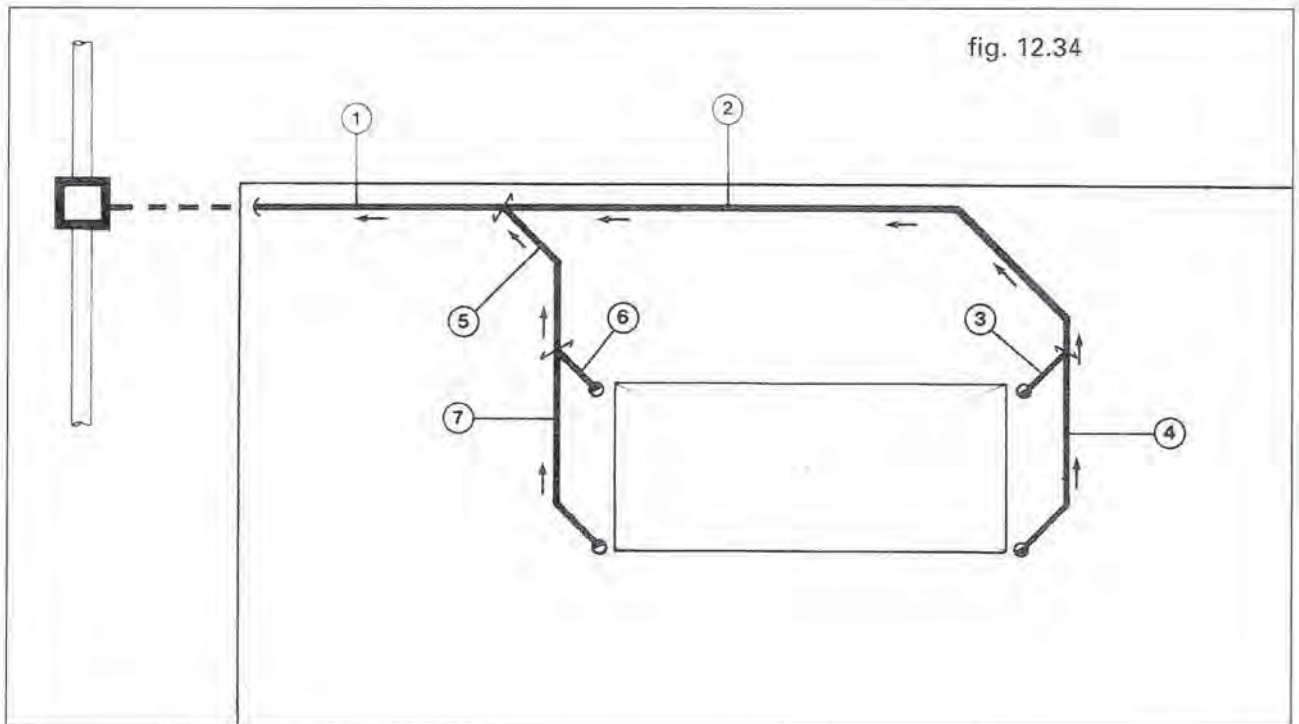
Ø nominal bajante (mm)	Superficie proyectada de cubierta m ²	
	Para i 100 mm h. (m ²)	Para i = 80 mm/h. (m ²)
50	65	81
65	120	150
80	205	256
100	430	537
125	805	1.006
150	1 255	1.568
200	2 700	3.375

Se observa que para la superficie estudiada, le corresponde una bajante de 80 mm.

* Cálculo del albañal

En la figura 12.34 se representa la planta del albañal, con los diversos tramos de que está formado.

La tabla 12.XII da la máxima superficie proyectada de cubierta servida por albañales de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h; análogo a lo anteriormente expuesto y según 12.2.6.4, deberá multiplicarse por 1'25 la superficie de cubierta para tener una tabla para un régimen pluviométrico de 80 mm/h.



Si dejamos una pendiente del 1 por 100 para el albañal, la tabla 12.35 resulta:

tabla.12.35

Tramo	Superficie (m ²)	Albañal (mm)
1	800	200
2	400	150
3	200	100
4	200	100
5	400	150
6	200	100
7	200	100

Para calcular el diámetro de cada tramo, se van adicionando sucesivamente los m² de cada ramal, y se observa el diámetro que le corresponde, en la tabla 12.36 corregida.

tabla.12.36

Ø nominal albañal (mm)	Superficie proyectada de cubierta m ² Pendiente 1 ‰	
	Para i = 100 mm/h (m ²)	Para i = 80 mm/h (m ²)
80	75	93
100	175	218
125	310	387
150	500	625
200	1.070	1.337
250	1.920	2.400
300	3.090	3.862

b) Sistema separativo. Fecales

* Cálculo de las bajantes

Como hemos visto, según la tabla 12.IV.

Bajantes tipo: 1, 4, 5, 8: 2 cuartos de baño: $7 \times 2 = 14$ UD.

Bajantes tipo: 2, 3, 6, 7: 1 cuarto de aseo y 1 cocina: $6 \times 1 + 6 \times 1 = 12$ UD's.

La tabla 12.VI da el máximo número de UD's para las bajantes fecales.

tabla 12.37

Bajante tipo	N.º de plantas del edificio					
	4		8		16	
	UDs	Ø bajante (mm)	UDs	Ø bajante (mm)	UDs	Ø bajante (mm)
1, 4, 5, 8	$14 \times 4 = 56$	100	$14 \times 8 = 112$	100	$14 \times 16 = 224$	100
2, 3, 6, 7	$12 \times 4 = 48$	80	$12 \times 8 = 96$	100	$12 \times 16 = 192$	100

En el edificio de 4 plantas, para las bajantes tipo 1, 4, 5 y 8 se pone un diámetro de 100 mm, aunque en principio serviría un diámetro de 80 mm, pero debe verse en la Tabla 12.VI, que solamente es válido para un máximo de 6 inodoros y aquí tenemos 8.

* Cálculo del albañal

En la figura 12.38 se representa la planta del albañal, con los diversos tramos de que está formado.

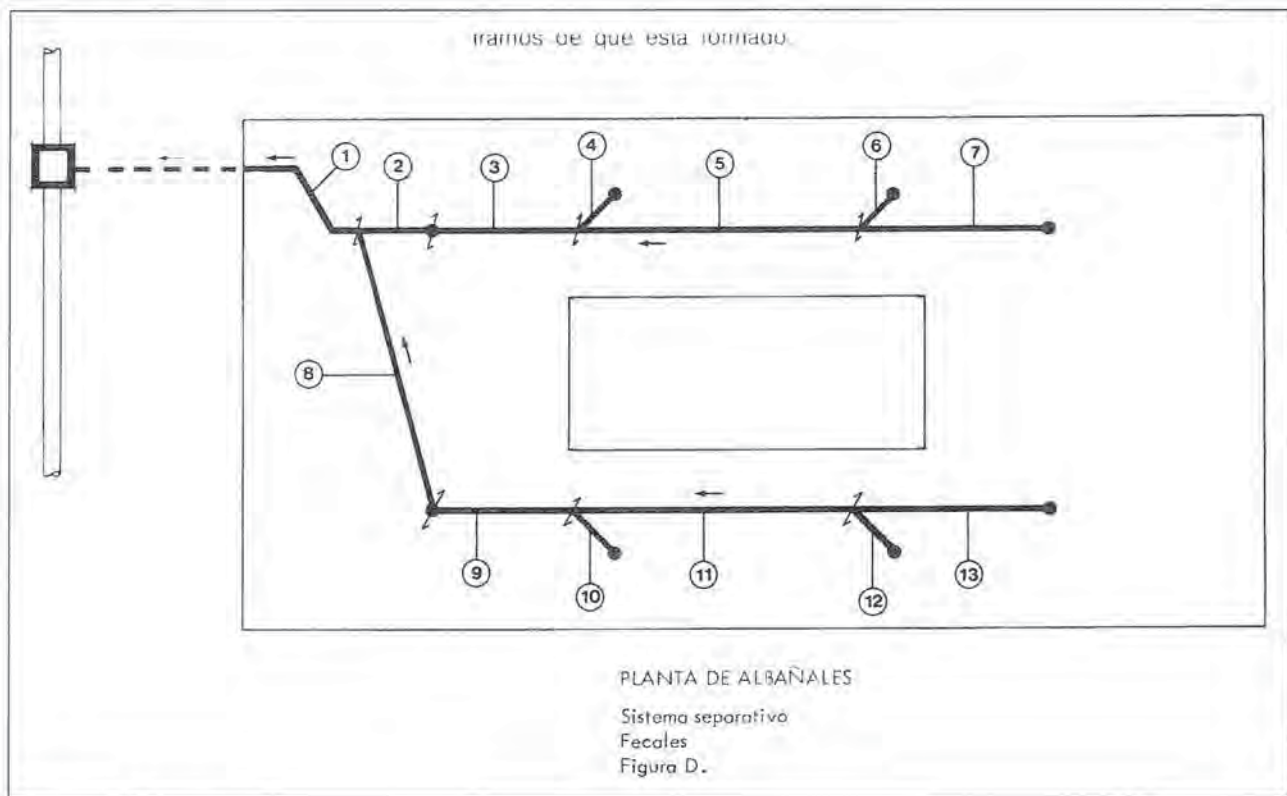


fig.12.38

La tabla VII proporciona el máximo número de UD's en función de la pendiente y del diámetro del albañal.

Para cada tramo, se van adicionando el número de UD's de los ramales que le preceden, aguas arriba.

Si fijamos una pendiente del 1 por 100 al albañal, con ayuda de la Tabla 12.VII resulta:

c) Sistema mixto (unitario): Pluviales-Fecales

* Cálculo de las bajantes.

La unión de las bajantes fecales y pluviales se efectúa en el albañal, razón por la cual, a éste lo llamamos mixto; permaneciendo por tanto el dimensionado de bajantes igual al considerado para el sistema separativo.

tabla 12.39

Tramo	N.º de plantas del edificio					
	4		8		16	
	UDs	Ø Albañal (mm)	UDs	Ø Albañal (mm)	UDs	Ø Albañal (mm)
1	416	150	832	200	1664	250
2	208	125	416	150	832	200
3	152	100	304	125	608	150
4	48	100	96	100	192	125
5	104	100	208	125	416	150
6	48	100	96	100	192	125
7	56	100	112	100	224	125
8	208	125	416	150	832	200
9	152	100	304	125	608	150
10	48	100	96	100	192	125
11	104	100	208	125	416	150
12	48	100	96	100	192	125
13	56	100	112	100	224	125

* Cálculo del albañal

En la figura 12.40 se representa la planta del albañal, con los diversos tramos de que está formado.

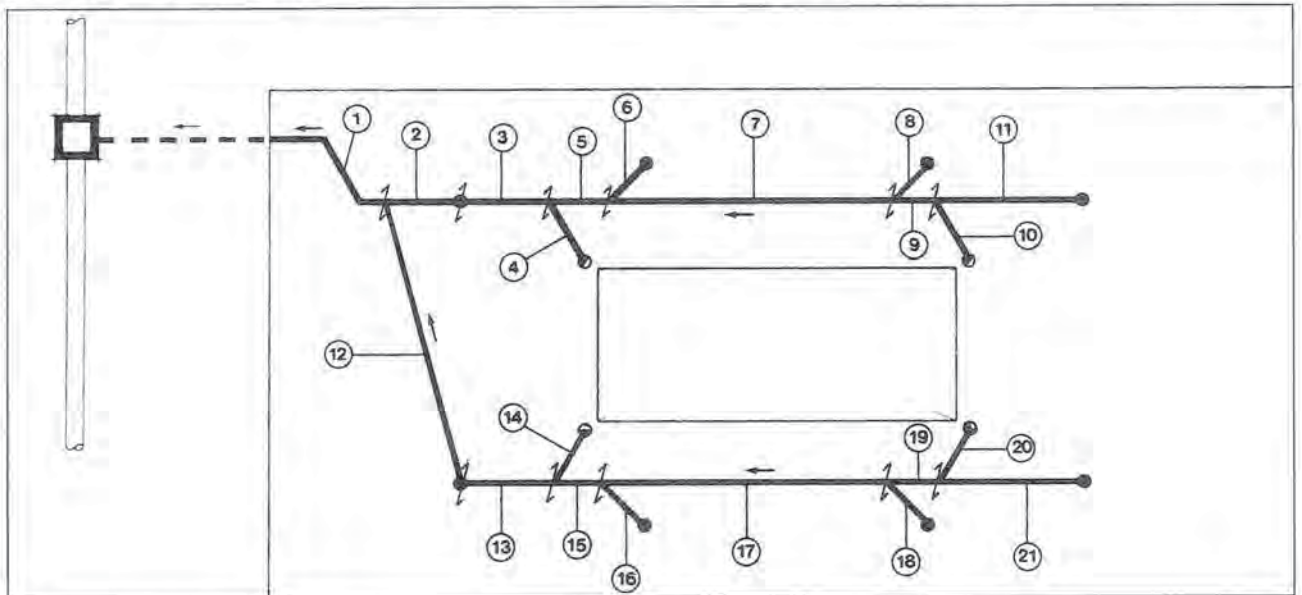


fig.12.40

Fijamos al albañal una pendiente del 1 por 100.

El proceso para el dimensionado del albañal mixto, se basa, según se explica con detalle en el Capítulo 12.2.7, en transformar las UD's en superficie equivalente según las ecuaciones 26 y 27, es decir, para UD's ≤ 250 , la superficie equivalente = 90 m^2 y para UD's > 250 , la superficie equivalente se obtiene por la ecuación: $S. \text{eq} = 0'36 \text{ UD's en m}^2$.

En los encuentros de dos o más tramos, que es en realidad donde puede considerarse como mixto el sistema, se dimensiona adicionando la superficie equivalente en m^2 proveniente de la transformación de las UD's fecales, a la superficie de cubierta en m^2 y calculando el albañal mediante la Tabla 12.XIII corregida según el régimen pluviométrico considerado.

Para los tramos en los que sólo son pluviales o fecales, se consideran como albañal pluvial o fecal, y se dimensionan como tal, con arreglo a las Tablas 12.XIII corregida y 12.VII, respectivamente, considerando los m^2 de superficie proyectada de cubierta y el número de UD's.

Facilitamos a continuación un ejemplo auxiliar de la explicación precedente.

Ejemplo: Edificio de 8 plantas. Figra 12.40

Tramo 21 - Albañal fecal. 112 UD's según tabla VII → diámetro 100 mm.

Tramo 20 - Albañal pluvial : 200 m² según tabla 12.XIII corregida para
i = 80 mm/h → diámetro 100 mm.

Tramo 19 - Albañal mixto:

Tramo 21: 112 UD's < 250 UD's ≈ 90 m².

Tramo 20: 200 m².

Total: 290 m² según tabla 12.XIII corregida para i = 80 mm/H ≈ diámetro 125 mm.

Tramo 18 - Albañal fecal. 96 UD's según tabla 12.VII → diámetro de 100 mm.

Tramo 17 - Albañal mixto:

Tramo 18: 96 UD's.

Tramo 19: Tramo 20 + Tramo 21.

Tramo 20: 200 m².

Tramo 21: 112 UD's.

Total: 208 UD's < 250 UD's ≈ 90 m²

200 m² = 290 m²

según tabla 12. XIII corregida para i = 80 mm/h → diámetro de 125 mm.

En las tablas siguientes queda resumido el cálculo de los albañales mixtos para los edificios considerados.

tablas 12.41

Tramo	UDs	Fecales m ² equivalentes	Pluviales m ²	Total m ²	Ø Albañal mm	Dimensionado como Albañal tipo:
1	416	150	—	950	200	mixto
2	208	90	—	490	150	mixto
3	152	90	—	490	150	mixto
4	—	—	200	—	100	pluvial
5	152	90	—	290	125	mixto
6	48	90	—	—	100	fecal
7	104	90	—	290	125	mixto
8	48	90	—	—	100	fecal
9	56	90	—	290	125	mixto
10	—	—	200	—	100	pluvial
11	56	90	—	—	100	fecal
12	208	90	—	490	150	mixto
13	152	90	—	490	150	mixto
14	—	—	200	—	100	pluvial
15	152	90	—	290	125	mixto
16	48	90	—	—	100	fecal
17	104	90	—	290	125	mixto
18	48	90	—	—	100	fecal
19	56	90	—	290	125	mixto
20	—	—	200	—	100	pluvial
21	56	90	—	—	100	fecal

tablas 12.42 y 12.43

EDIFICIO DE 8 PLANTAS						
Tramo	UDs	Fecales m ² equivalentes	Pluviales m ²	Total m ²	Ø Albañal mm	Dimensionado como Albañal tipo:
1	832	300	—	1 100	200	mixto
2	416	150	—	550	150	mixto
3	304	109	—	509	150	mixto
4	—	—	200	—	100	pluvial
5	304	109	—	309	125	mixto
6	96	90	—	—	100	fecal
7	208	90	—	290	125	mixto
8	96	90	—	—	100	fecal
9	112	90	—	290	125	mixto
10	—	—	200	—	100	pluvial
11	112	90	—	—	100	fecal
12	416	150	—	550	150	mixto
13	304	109	—	509	150	mixto
14	—	—	200	—	100	pluvial
15	304	109	—	309	125	mixto
16	96	90	—	—	100	fecal
17	208	90	—	290	125	mixto
18	96	90	—	—	100	fecal
19	112	90	—	290	125	mixto
20	—	—	200	—	100	pluvial
21	112	90	—	—	100	fecal

EDIFICIO DE 16 PLANTAS						
Tramo	UDs	Fecales m ² equivalentes	Pluviales m ²	Total m ²	Ø Albañal mm	Dimensionado como Albañal tipo:
1	1.664	599	—	1.399	250	mixto
2	832	299	—	699	200	mixto
3	608	219	—	619	150	mixto
4	—	—	200	—	100	pluvial
5	608	219	—	419	150	mixto
6	192	90	—	—	125	fecal
7	416	150	—	350	125	mixto
8	192	90	—	—	125	fecal
9	224	90	—	290	125	mixto
10	—	—	200	—	100	pluvial
11	224	90	—	—	125	fecal
12	832	299	—	699	200	mixto
13	608	219	—	619	150	mixto
14	—	—	200	—	100	pluvial
15	608	219	—	419	150	mixto
16	192	90	—	—	125	fecal
17	416	150	—	350	125	mixto
18	192	90	—	—	125	fecal
19	224	90	—	290	125	mixto
20	—	—	200	—	100	pluvial
21	224	90	—	—	125	fecal

5. CURVAS DE INTENSIDAD PLUVIOMETRICA:

En este punto se reflejan tablas de curvas de intensidad, duración y frecuencia para tiempos de lluvia de 10 min. a 2 h., de varias ciudades españolas.

Periodo de retorno: 2, 5, 10, 20, 30 y 50 años.

Red de estaciones metereológicas: 20

i = Régimen pluviométrico (mm/h).

a = Coeficiente (adimensional).

t = Duración de lluvias (horas).

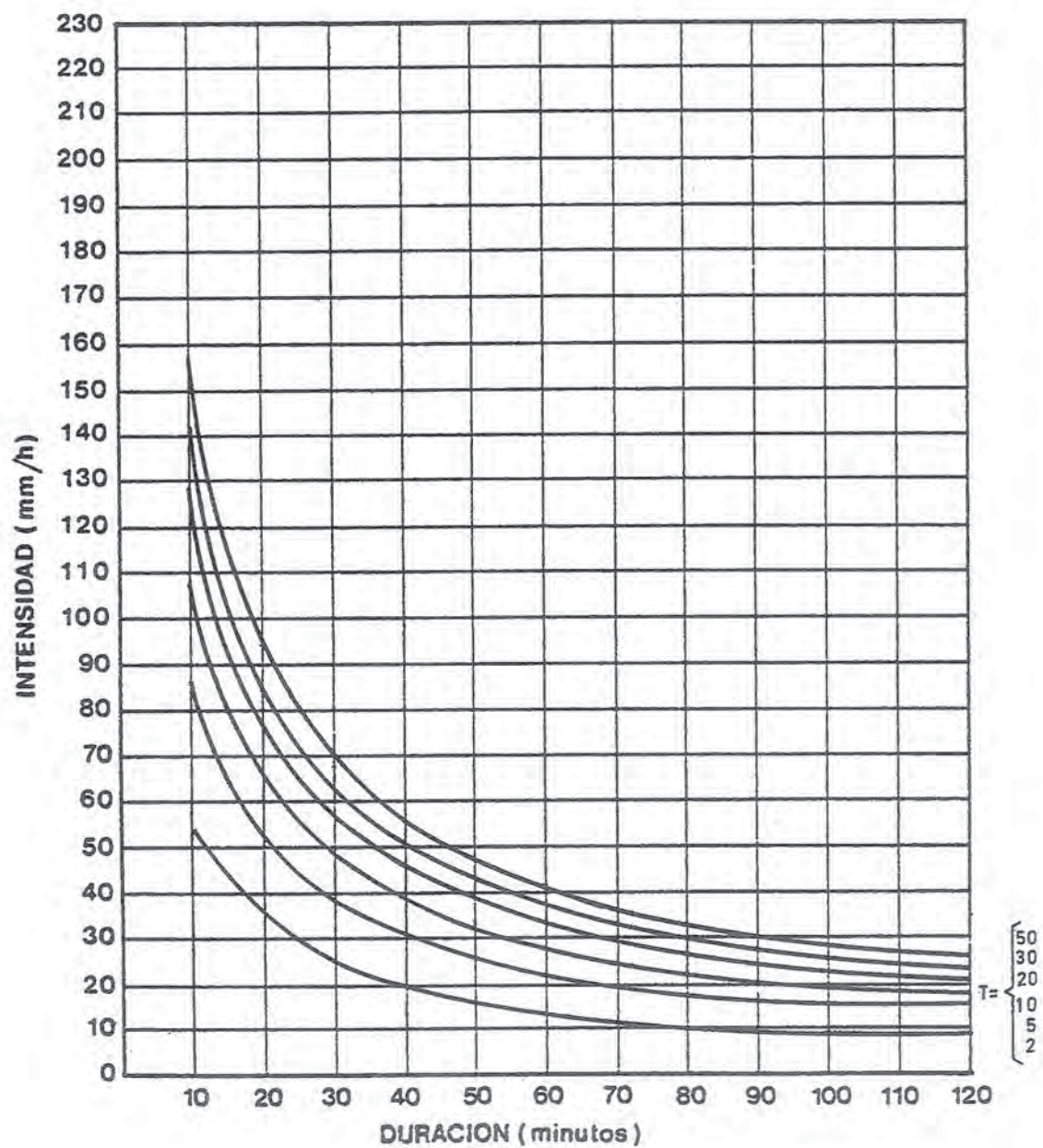
T = Periodo de retorno (años) = es el número de años en que se considera se superará una vez como promedio la intensidad de lluvia máxima adoptada.

TABLAS DE CURVA DE INTENSIDAD PLUVIOMETRICA

ALBACETE

$$i = a \cdot t^{-0.75}$$

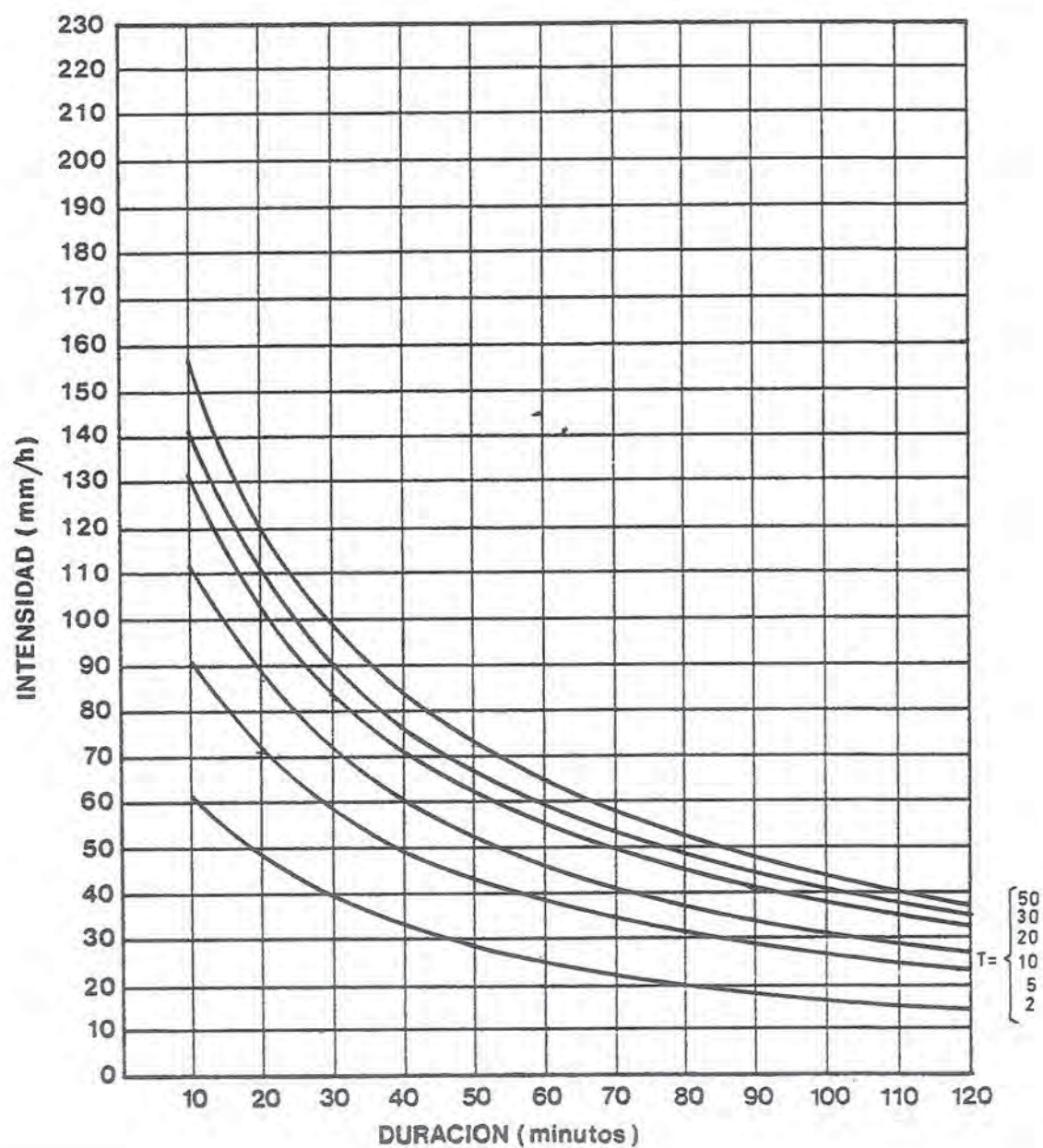
<u>T</u>	<u>a</u>
2	14'6
5	22'9
10	28'5
20	33'9
30	36'9
50	40'7



ALICANTE

$$i = a (t+0'4)^{-0'98}$$

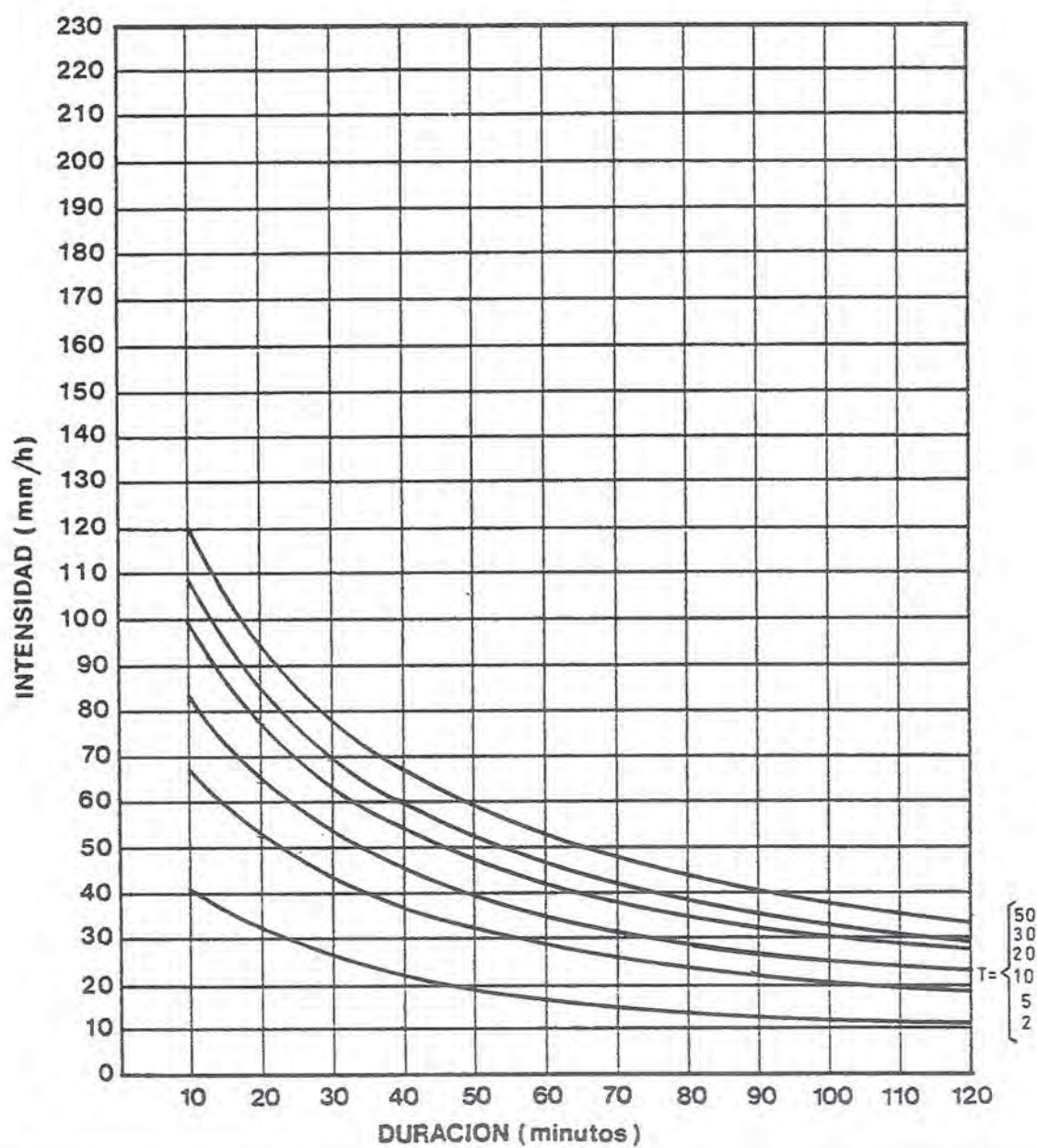
T	a
2	34'8
5	52'2
10	63'9
20	75'1
30	81'4
50	89'5



ALMERIA

$$i = a (t+0'3)^{-0'82}$$

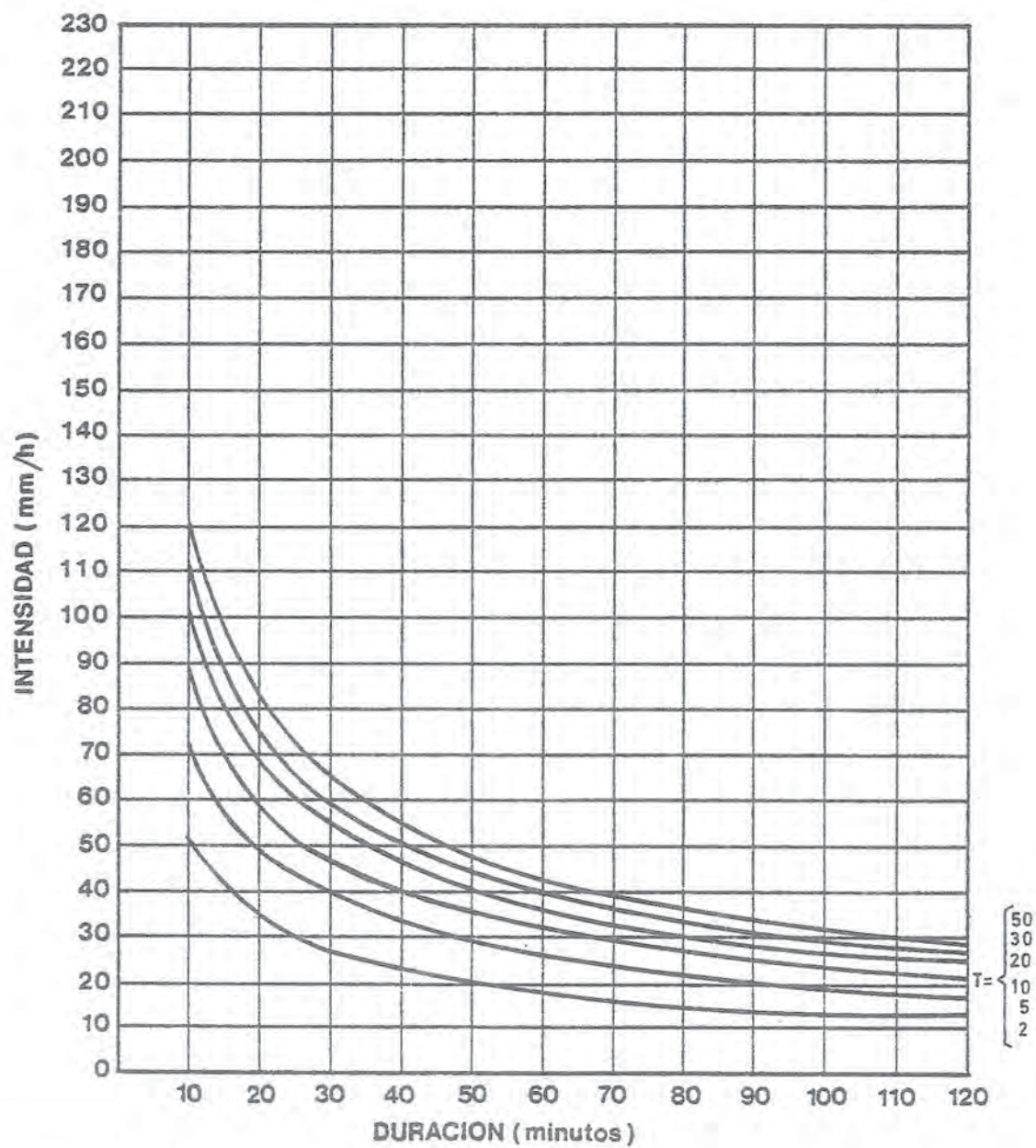
<u>T</u>	<u>a</u>
2	22'3
5	35'9
10	44'9
20	53'6
30	58'4
50	64'7



BADAJOS

$$i = a t^{-0'57}$$

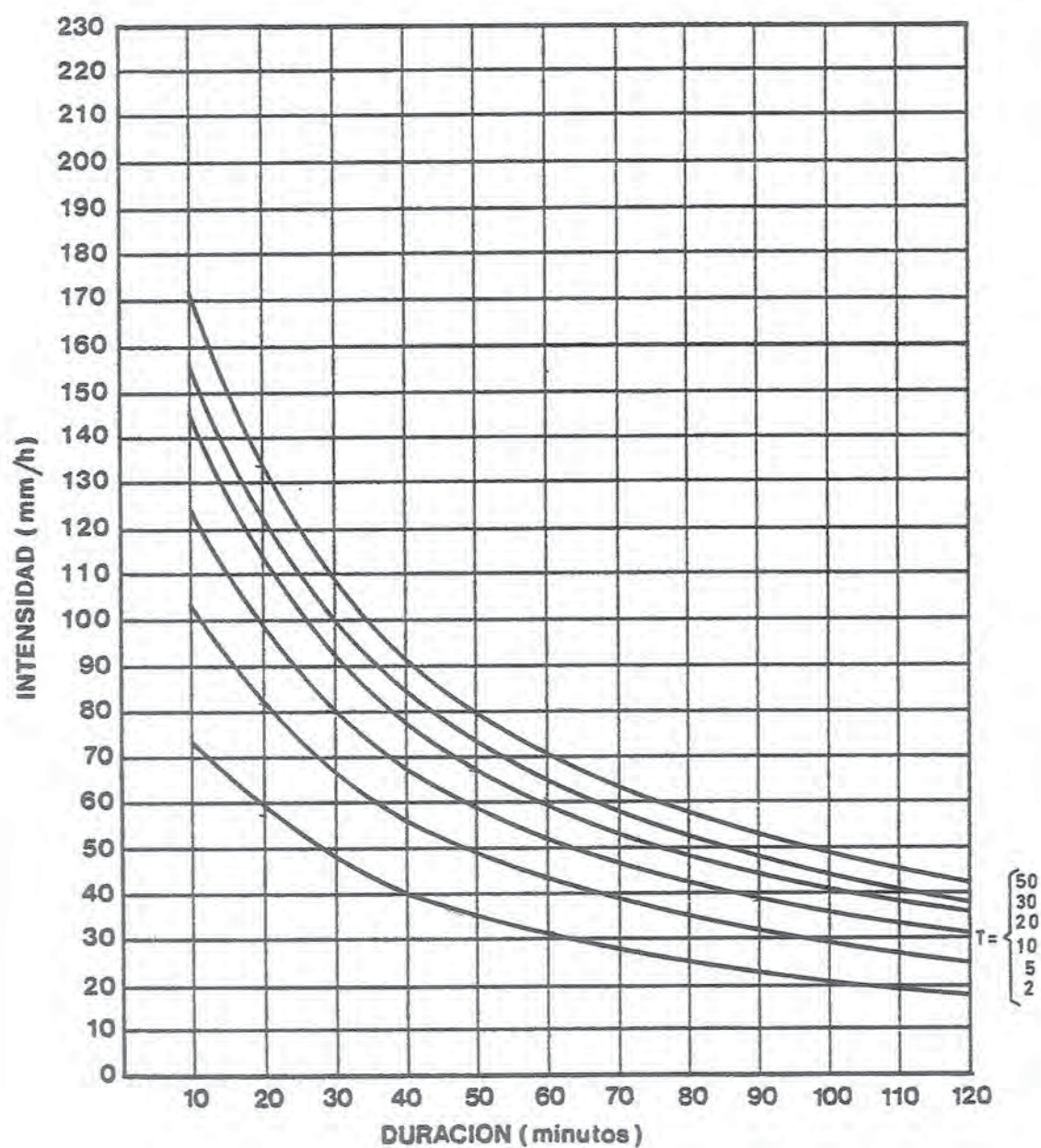
<u>T</u>	<u>a</u>
2	18' -
5	26'7
10	31'6
20	36'8
30	39'8
50	43'6



BARCELONA

$$i = a (t+0'45)^{-1'03}$$

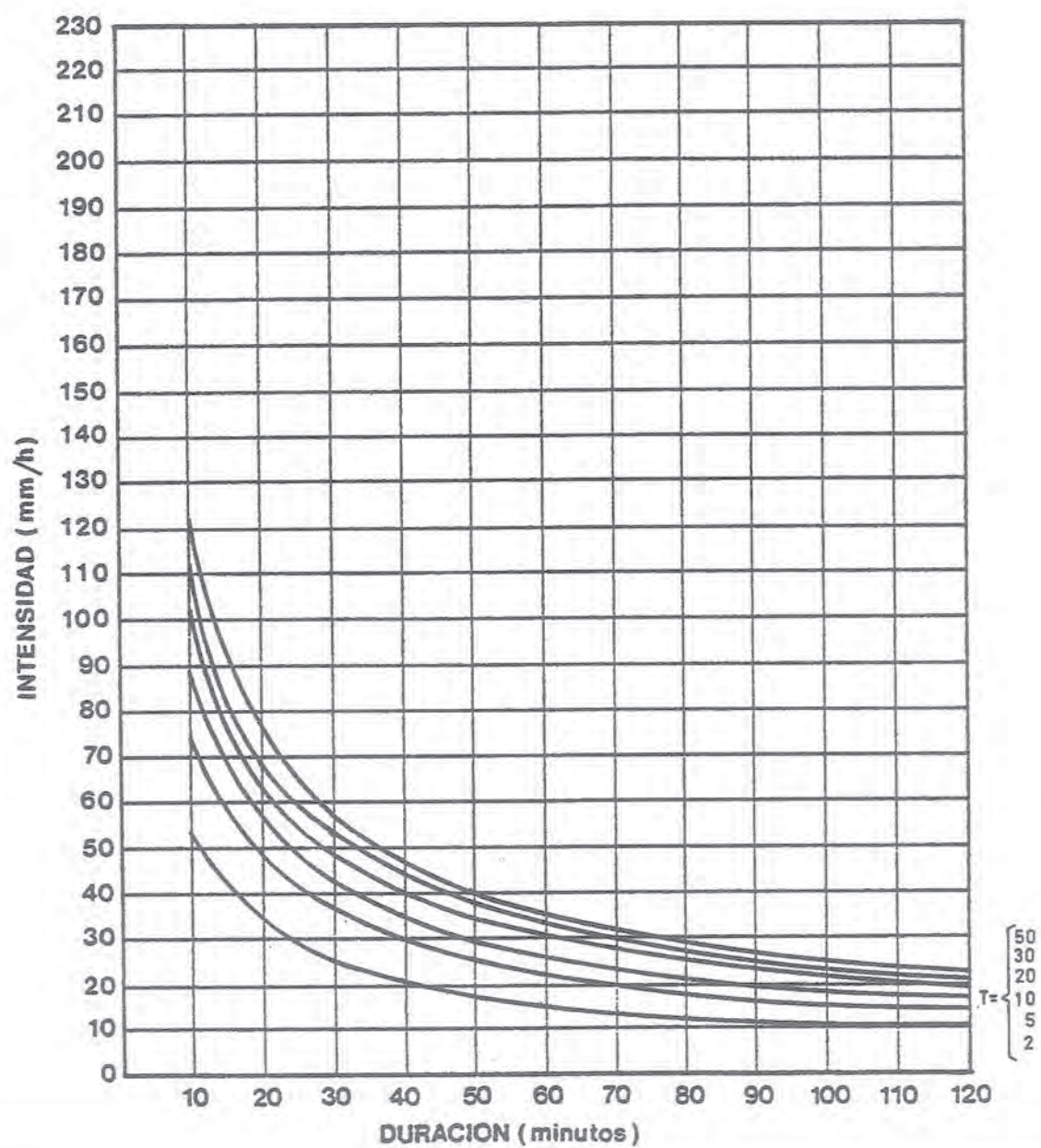
<u>T</u>	<u>a</u>
2	44'6
5	63'3
10	75'9
20	87'9
30	94'7
50	103'4



CACERES

$$i = a t^{-0'69}$$

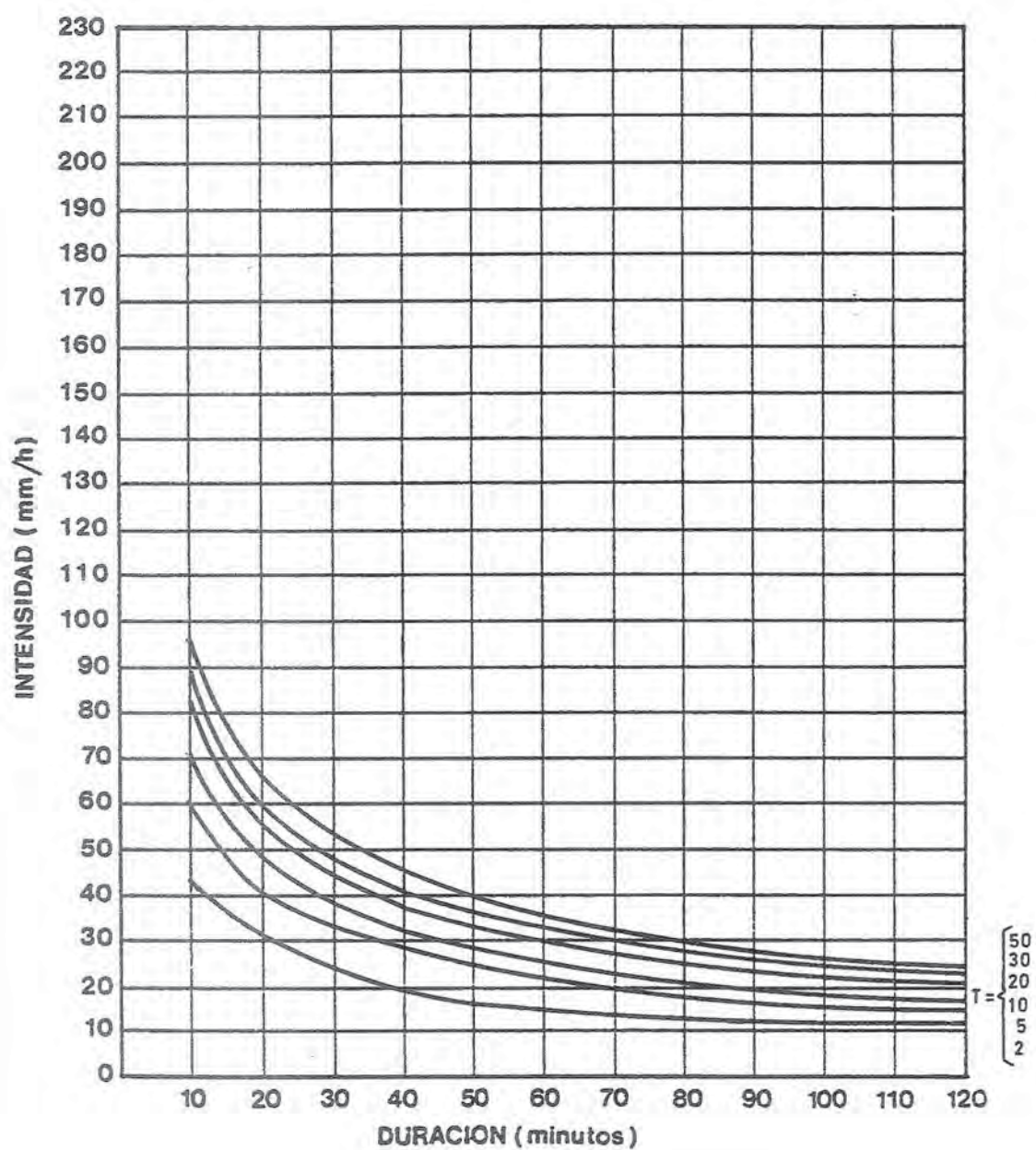
<u>T</u>	<u>a</u>
2	15'6
5	21'9
10	26'1
20	30'2
30	32'5
50	35'4



LA CORUÑA

$$i = a t^{-0'55}$$

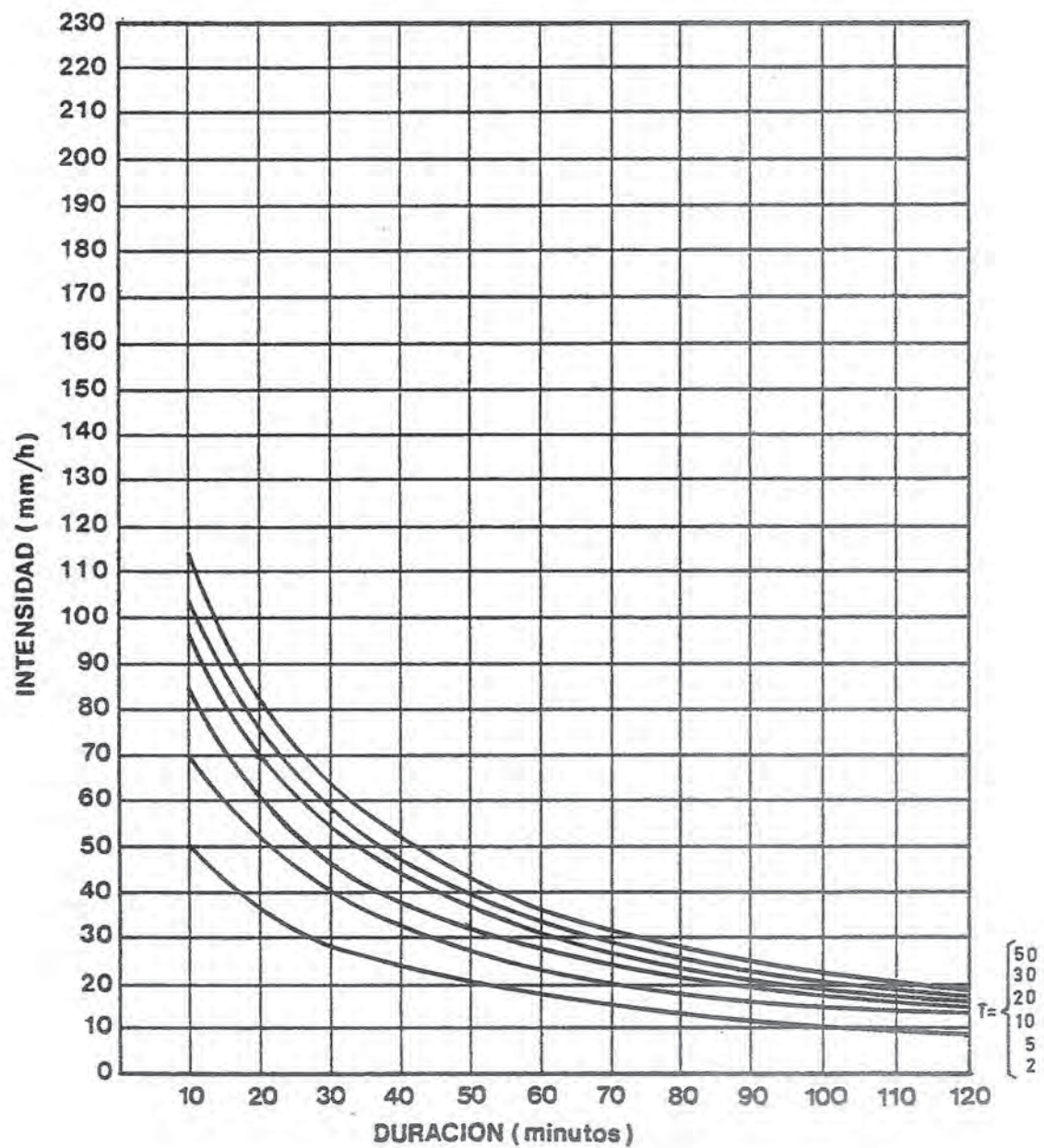
T	a
2	16'2
5	22'5
10	26'6
20	30'6
30	32'9
50	35'8



LOGROÑO

$$i = a (t+0'35)^{-1'16}$$

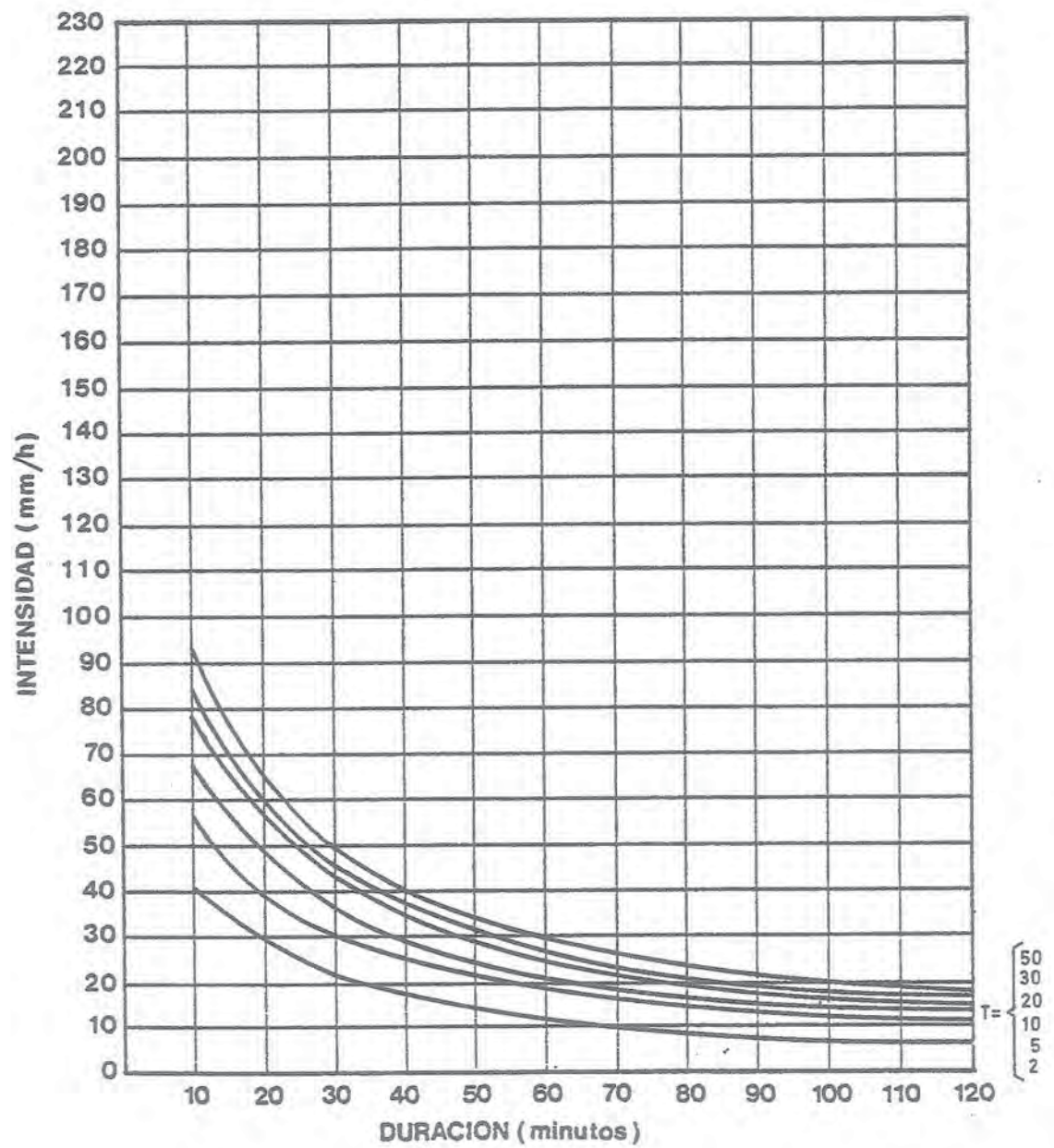
<u>T</u>	<u>a</u>
2	23'2
5	32'5
10	38'7
20	44'7
30	48'1
50	52'4



MADRID

$$i = a (t+0'2)^{-0'96}$$

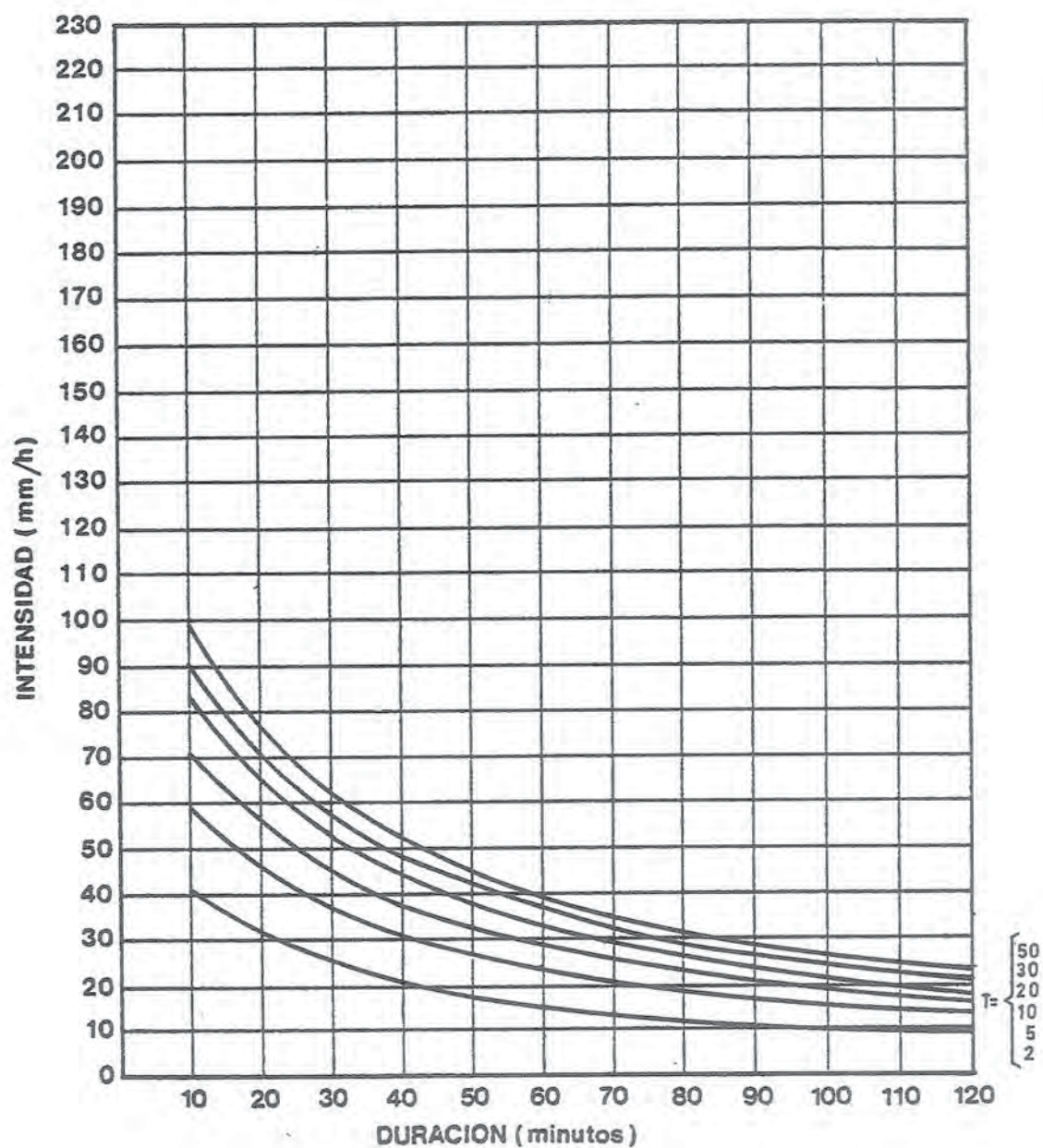
<u>T</u>	<u>a</u>
2	15'3
5	21'6
10	26'1
20	30'1
30	32'4
50	35'3



MURCIA

$$i = a (t+0'4)^{-1'02}$$

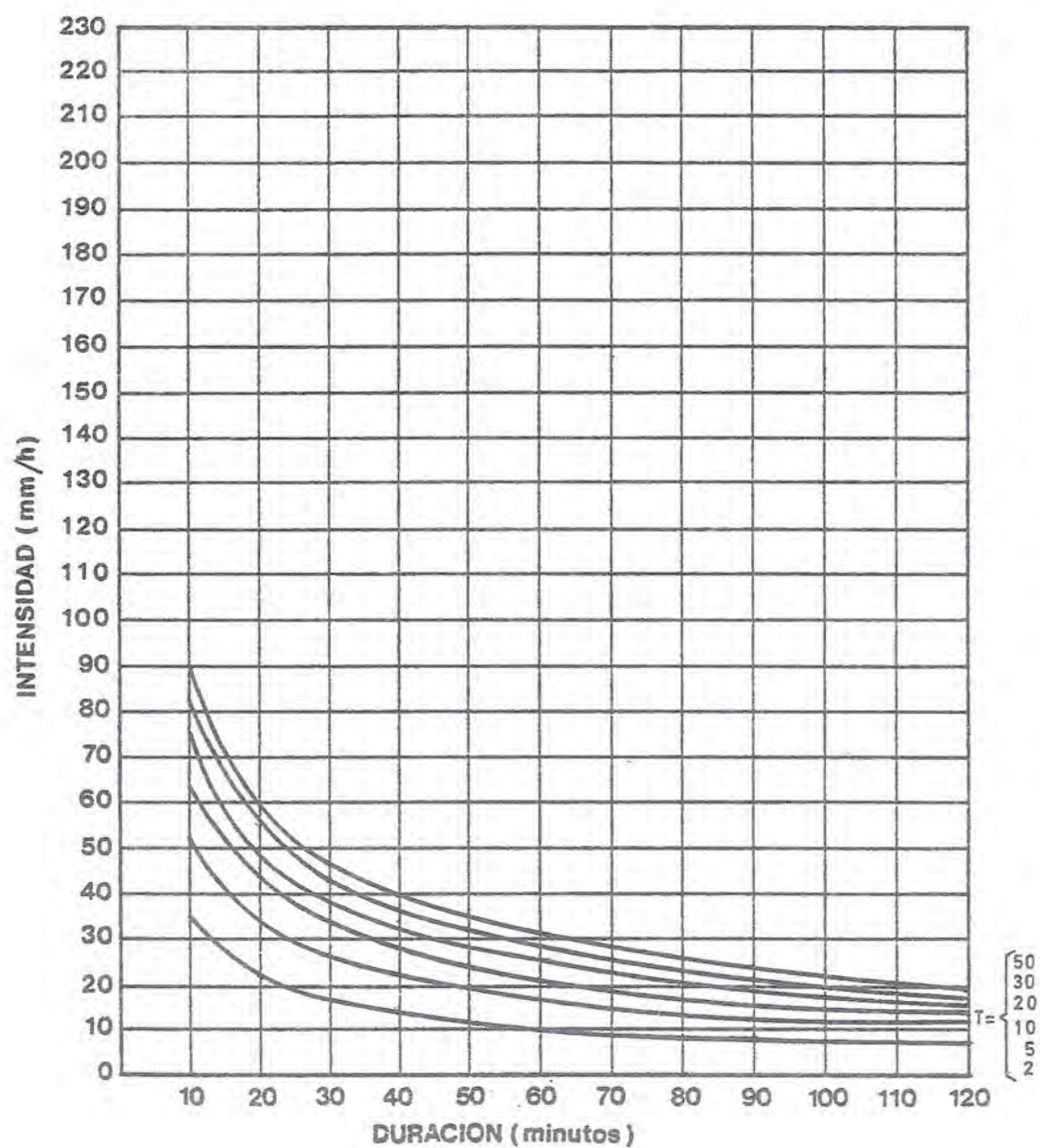
T	a
2	22'6
5	33'-
10	40'-
20	46'7
30	50'5
50	55'3



PONFERRADA

$$i = a t^{-0'61}$$

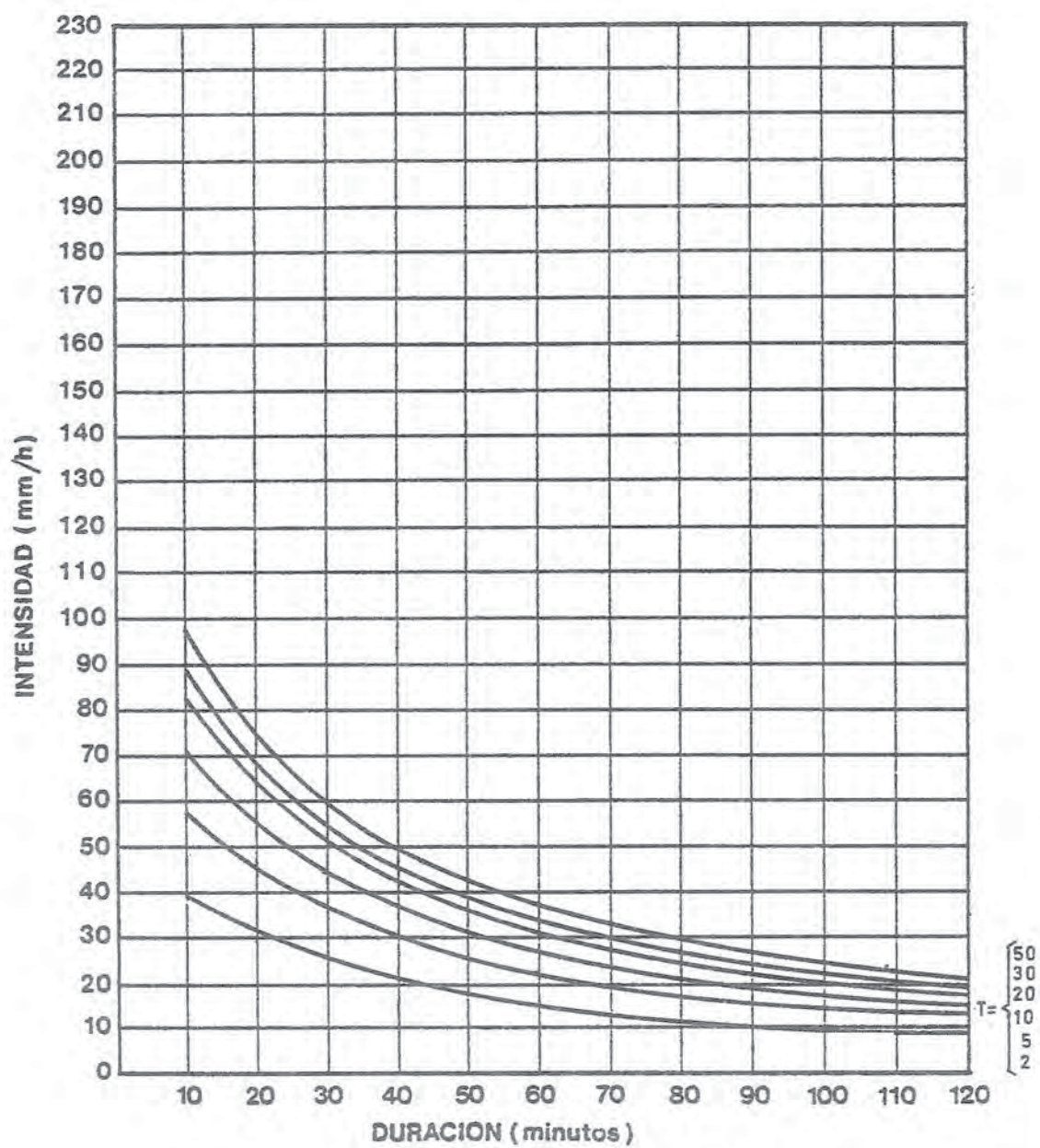
<u>T</u>	<u>a</u>
2	11'5
5	17'5
10	21'4
20	25'2
30	27'4
50	30'1



SALAMANCA

$$i = a (t+0'45)^{-1'14}$$

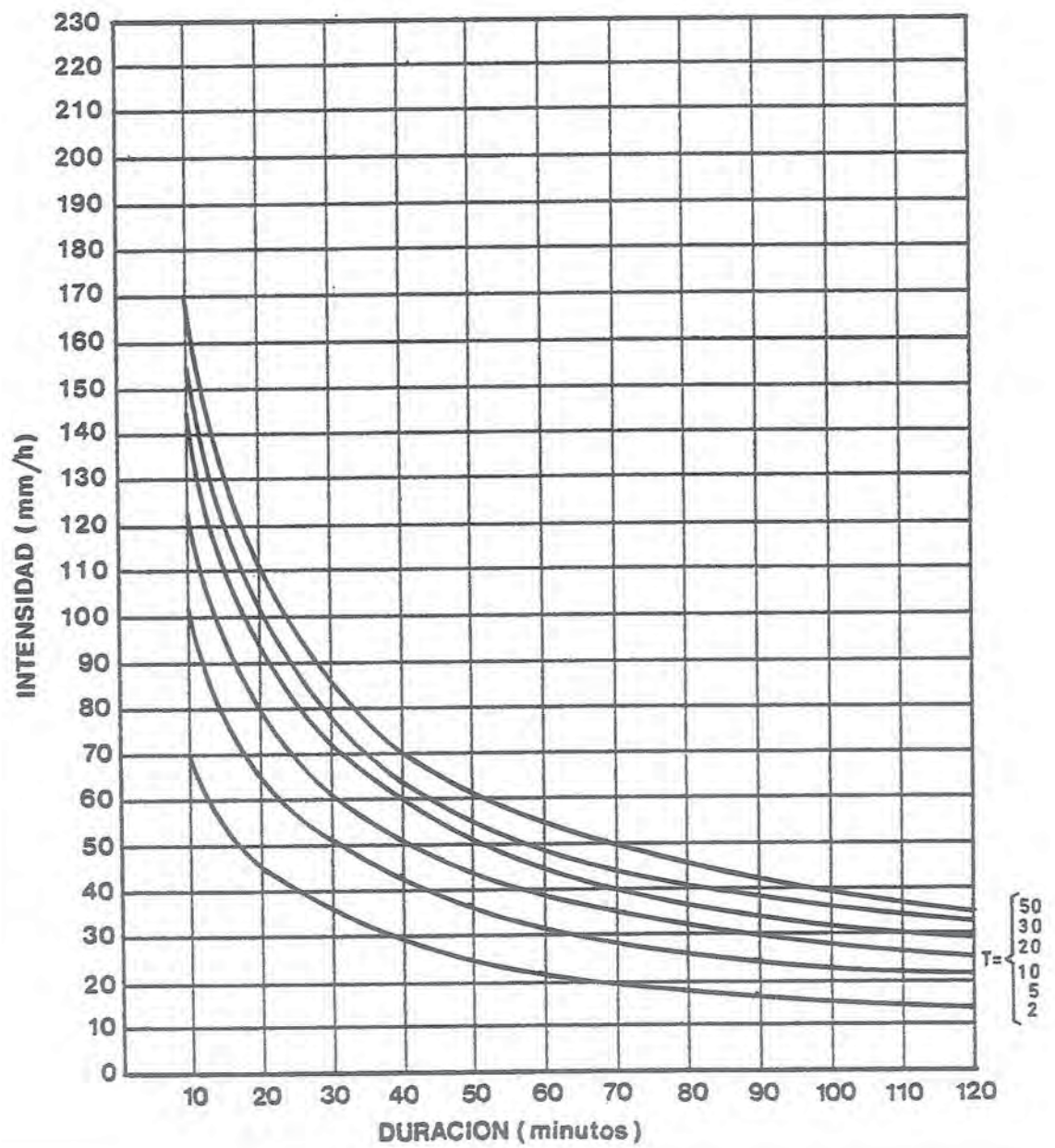
T	a
2	22'6
5	33'4
10	40'6
20	47'4
30	51'4
50	56'4



S. SEBASTIAN

$$i = a t^{-0.64}$$

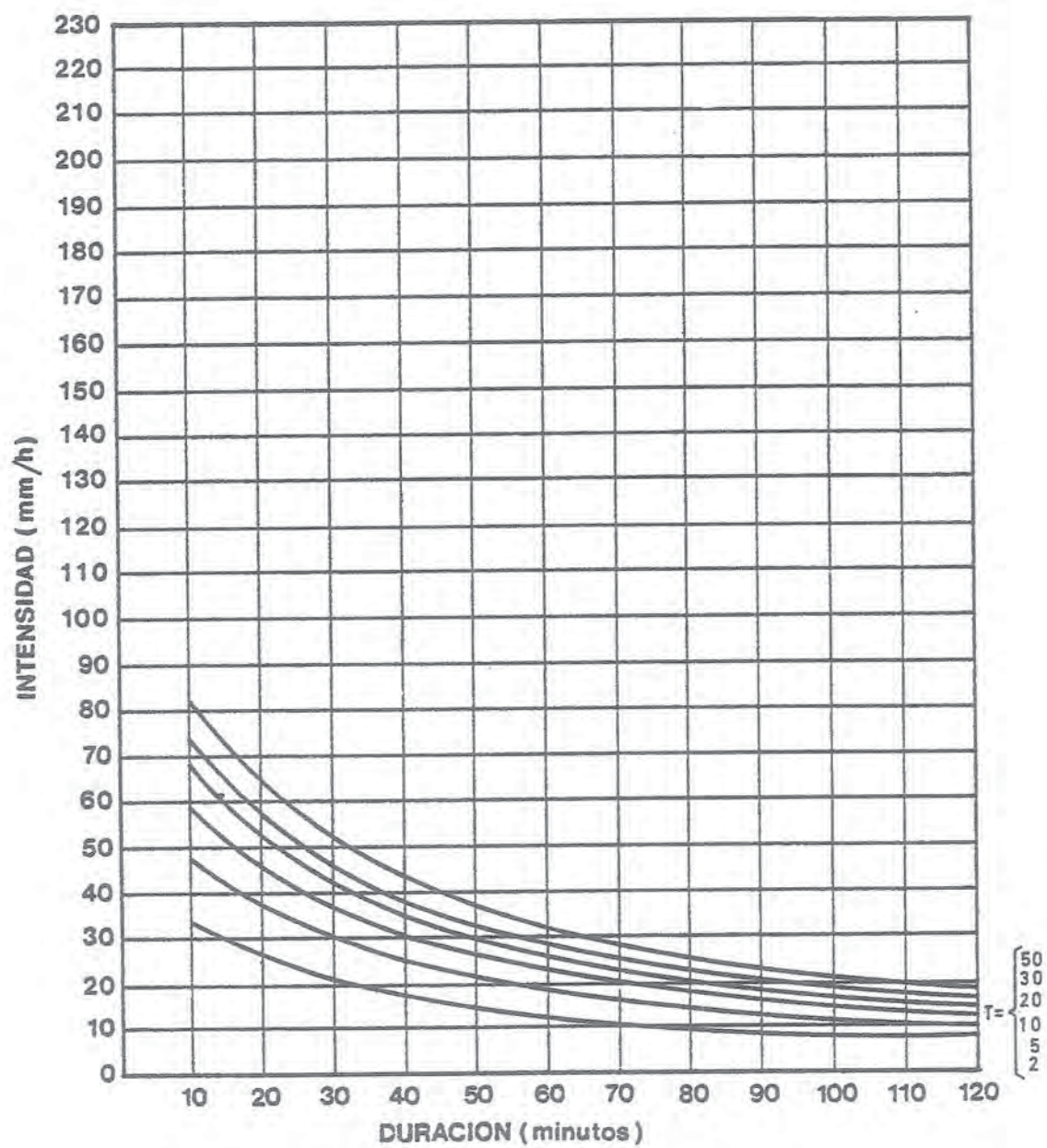
<u>T</u>	<u>a</u>
2	22'2
5	32'4
10	39'1
20	45'6
30	49'3
50	54'-



SORIA

$$i = a(t+0'25)^{-1'02}$$

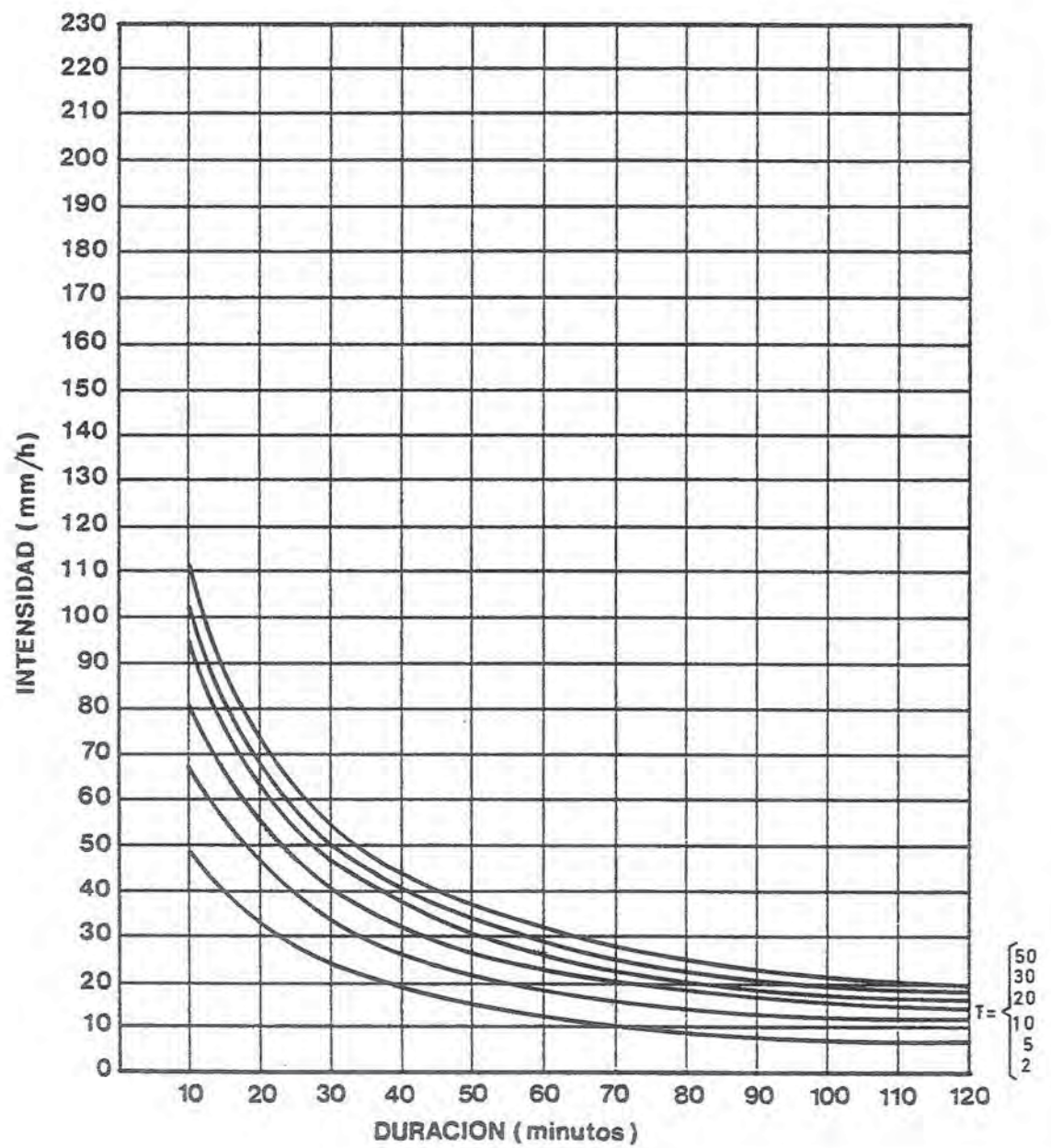
<u>T</u>	<u>a</u>
2	20'4
5	30'1
10	36'5
20	42'6
30	46'2
50	50'6



TOLEDO

$$i = a (t+0'1)^{-0'88}$$

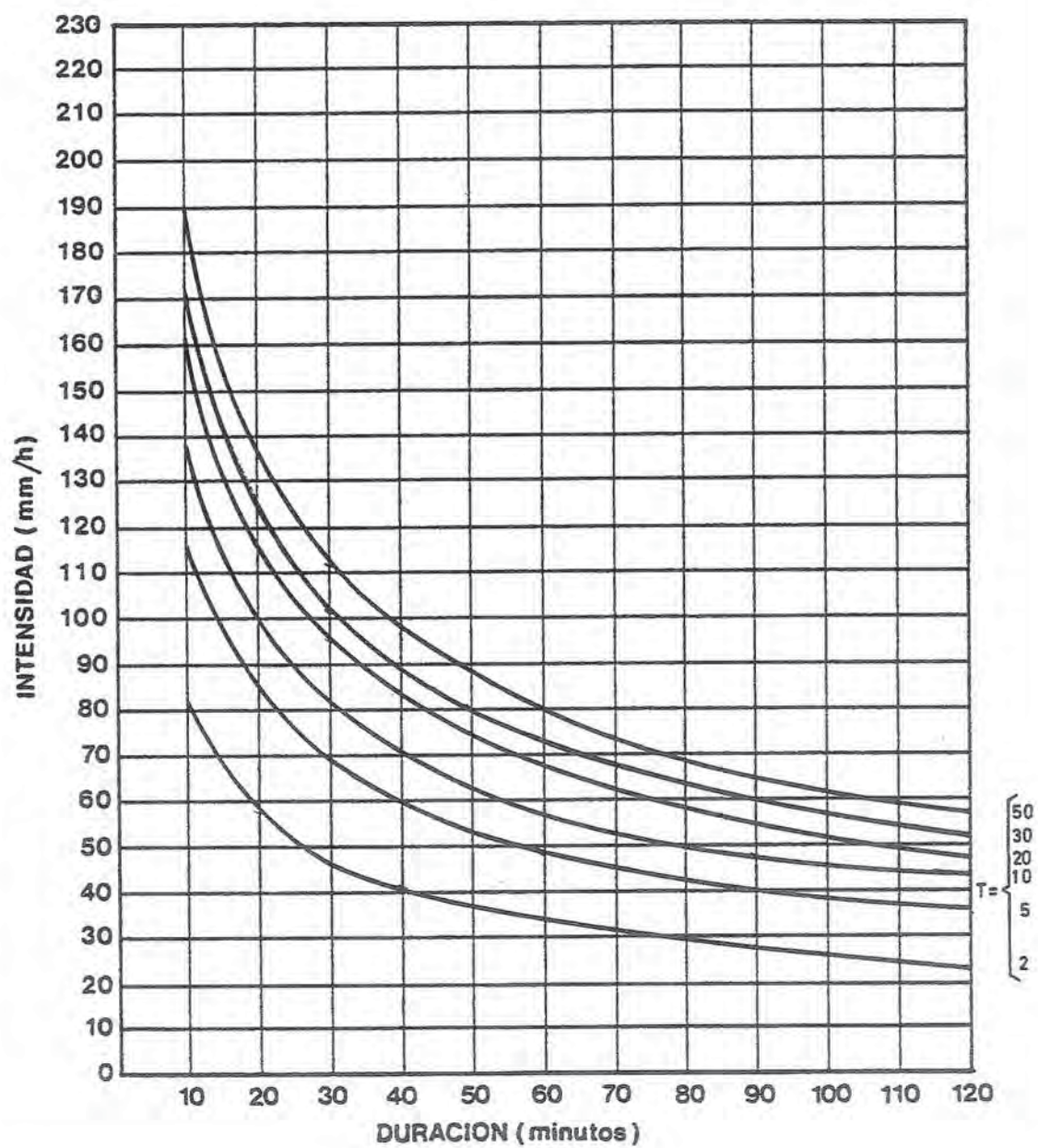
<u>T</u>	<u>a</u>
2	15' -
5	21'3
10	25'5
20	29'3
30	31'8
50	34'7



TORTOSA

$$i = a t^{-0.48}$$

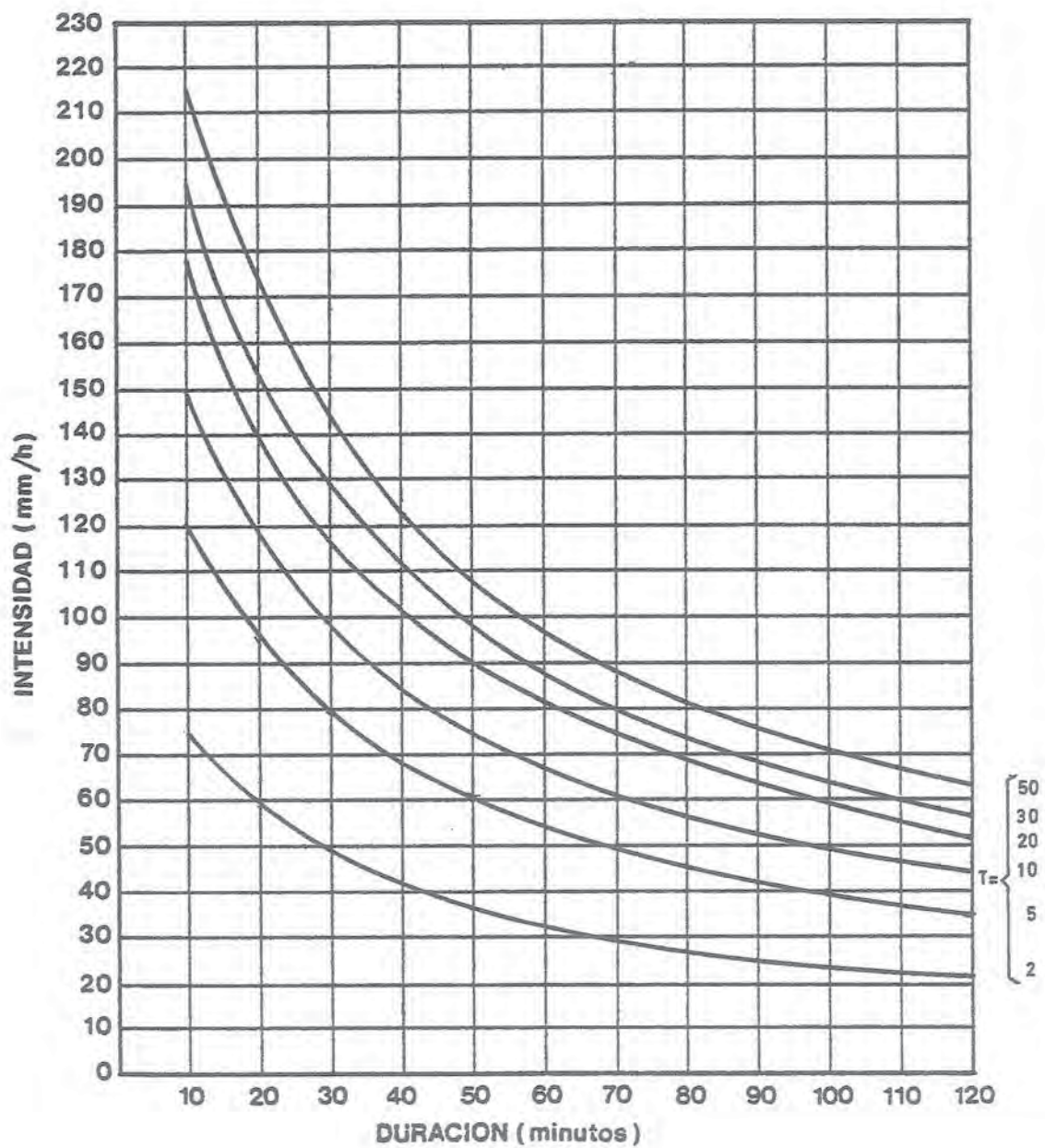
<u>T</u>	<u>a</u>
2	33'9
5	48'9
10	58'7
20	68'3
30	73'8
50	80'6



VALENCIA

$$i = a (t+0'35)^{-0'83}$$

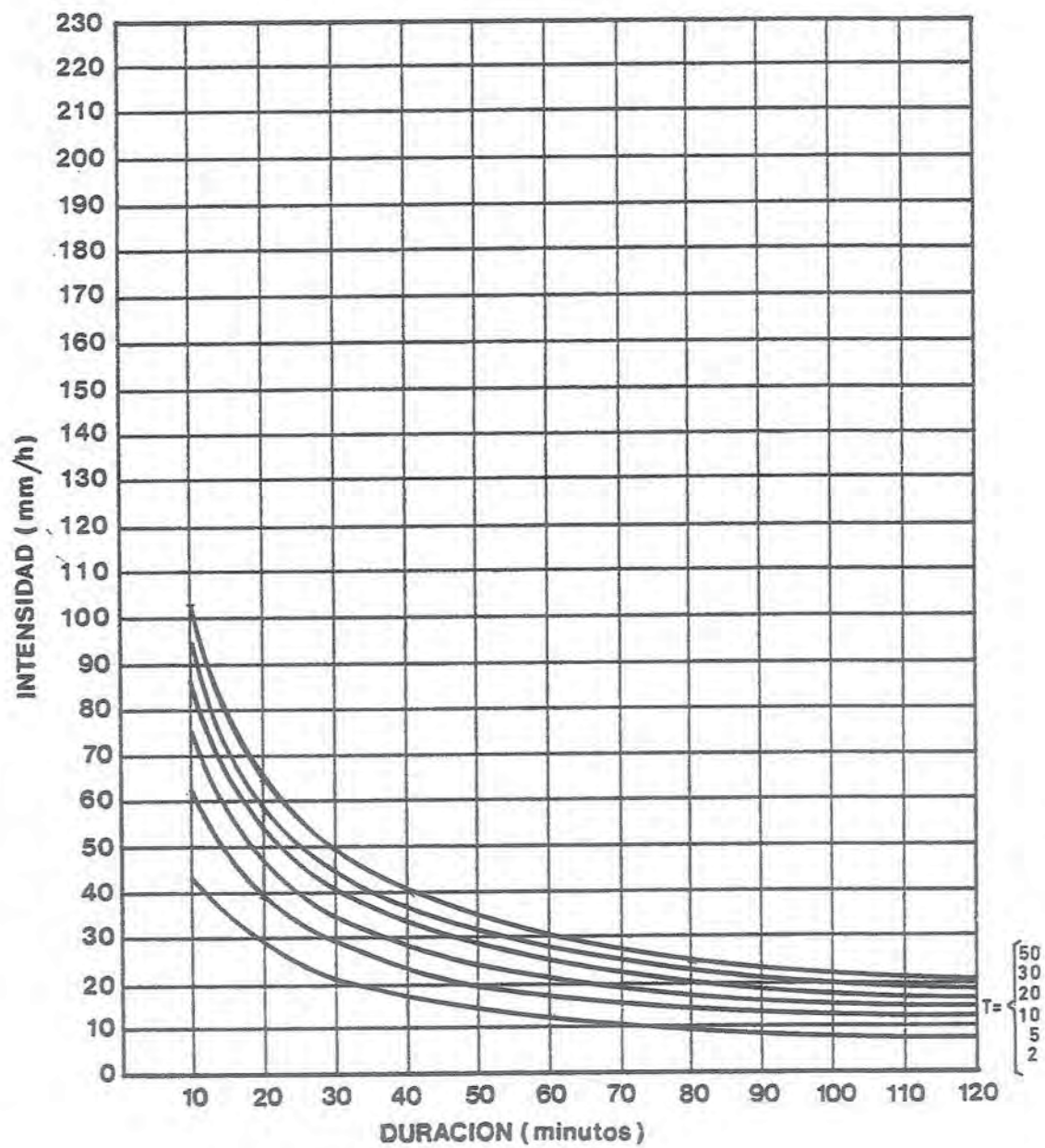
<u>T</u>	<u>a</u>
2	43'4
5	69'3
10	86'7
20	103'4
30	112'9
50	124'8



VALLADOLID

$$i = a t^{-0'68}$$

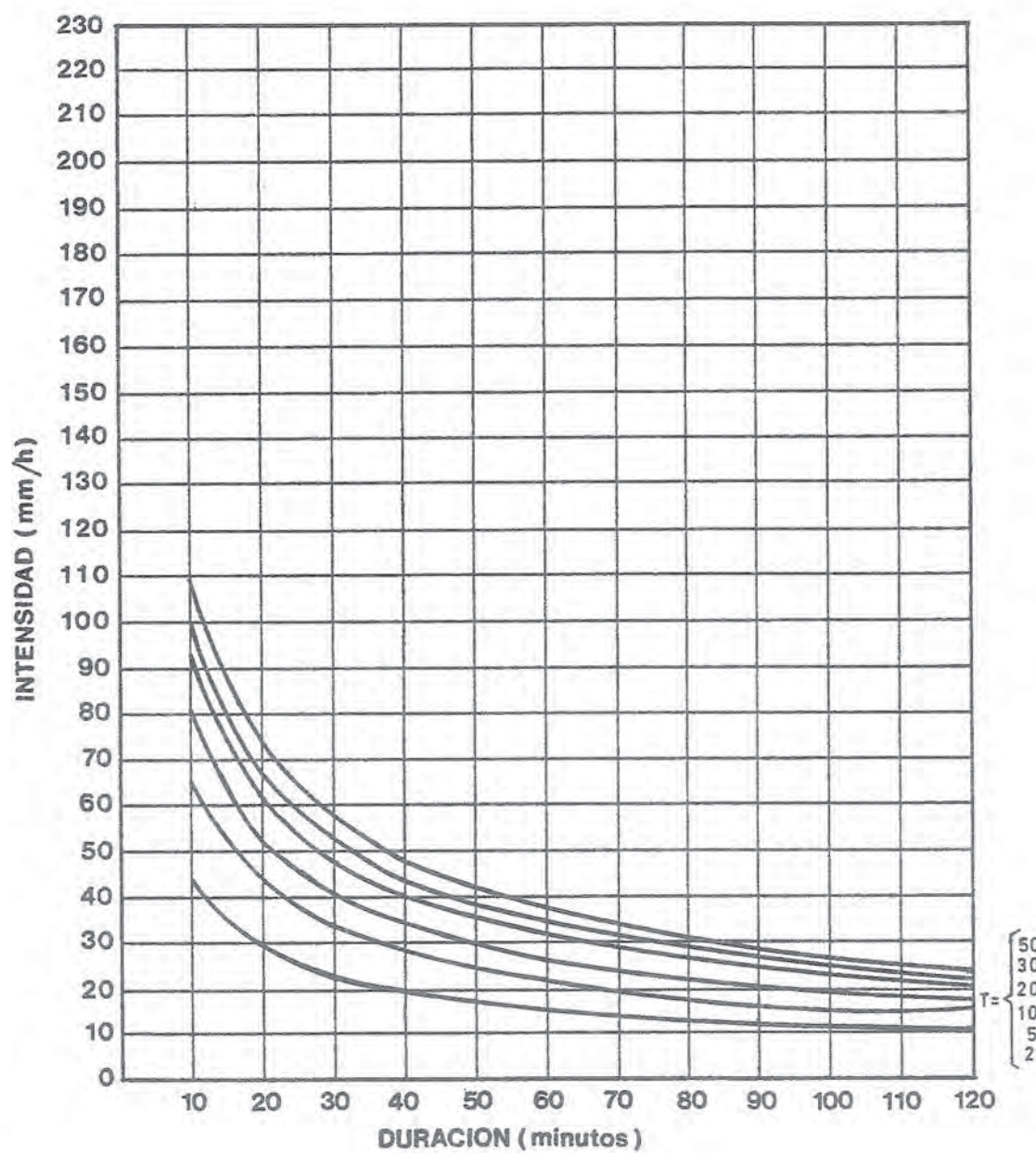
<u>T</u>	<u>a</u>
2	12'8
5	18'4
10	22'2
20	25'8
30	27'9
50	30'5



V I G O

$$i = a t^{-0'61}$$

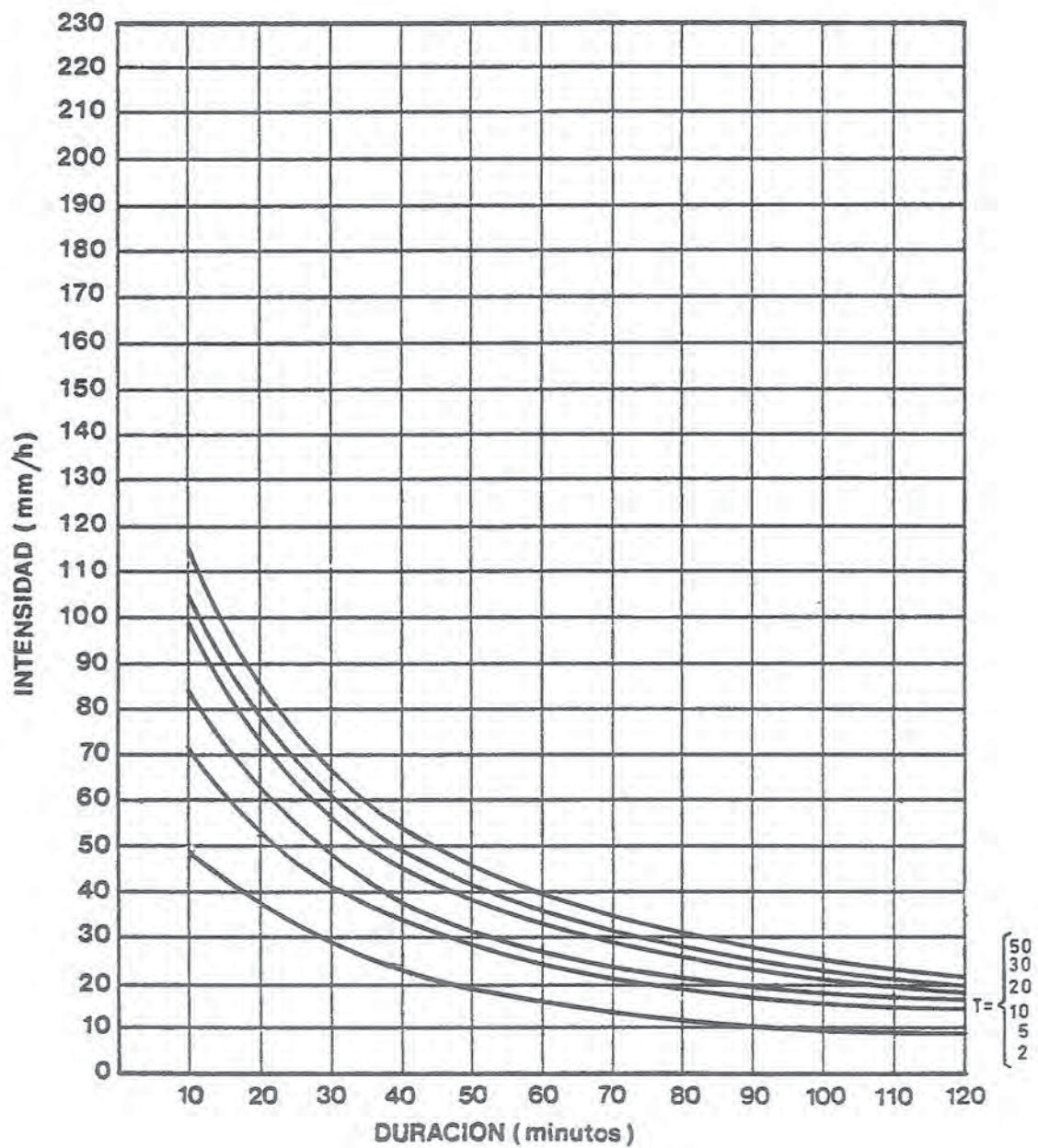
<u>T</u>	<u>a</u>
2	15'3
5	22'2
10	26'8
20	31'2
30	33'8
50	36'9



ZARAGOZA

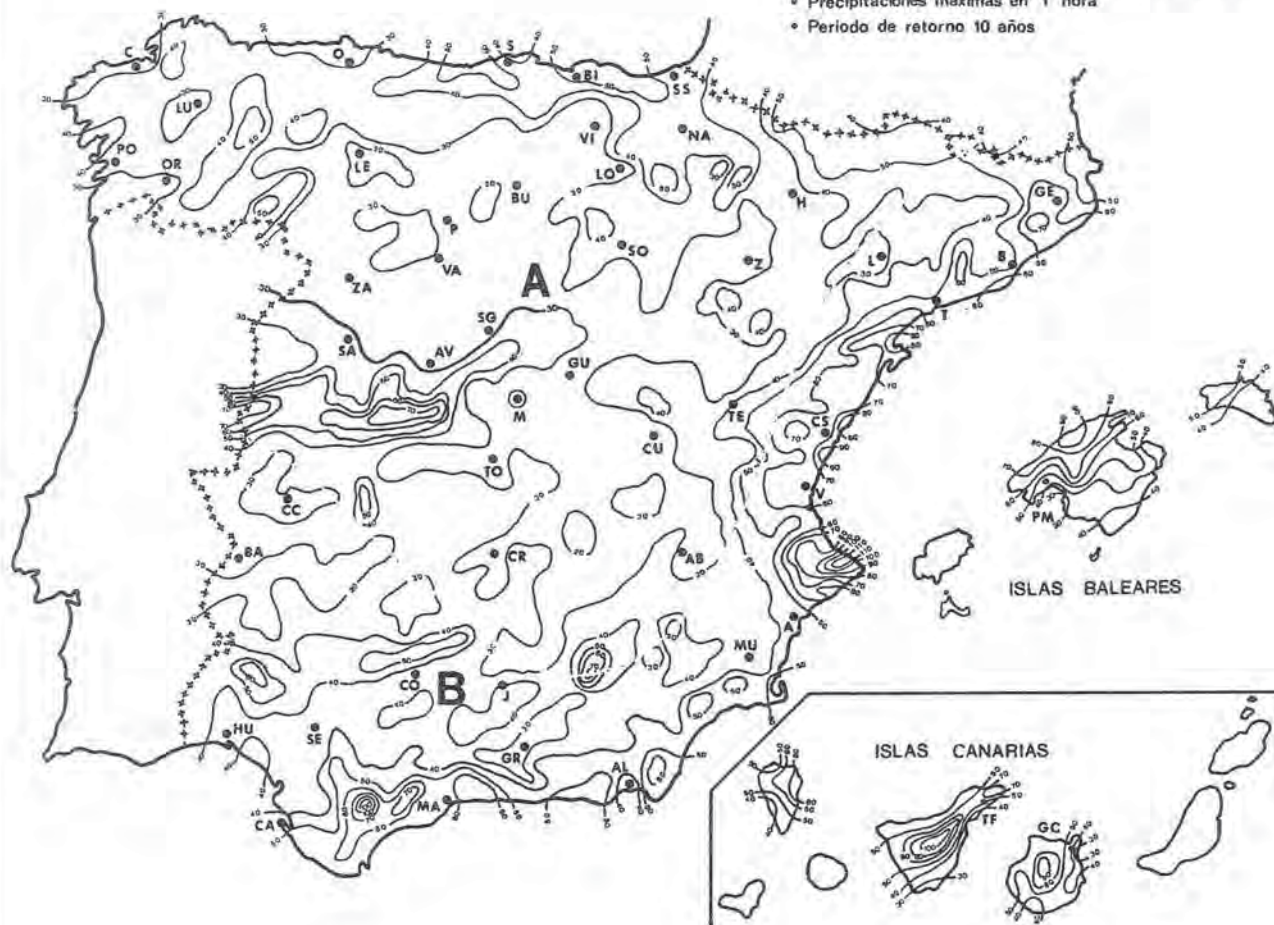
$$i = a(t+0'4)^{-1'19}$$

<u>T</u>	<u>a</u>
2	24'9
5	36' -
10	42'6
20	49'7
30	53'8
50	59' -



CURVAS DE INTENSIDAD PLUVIOMETRICA

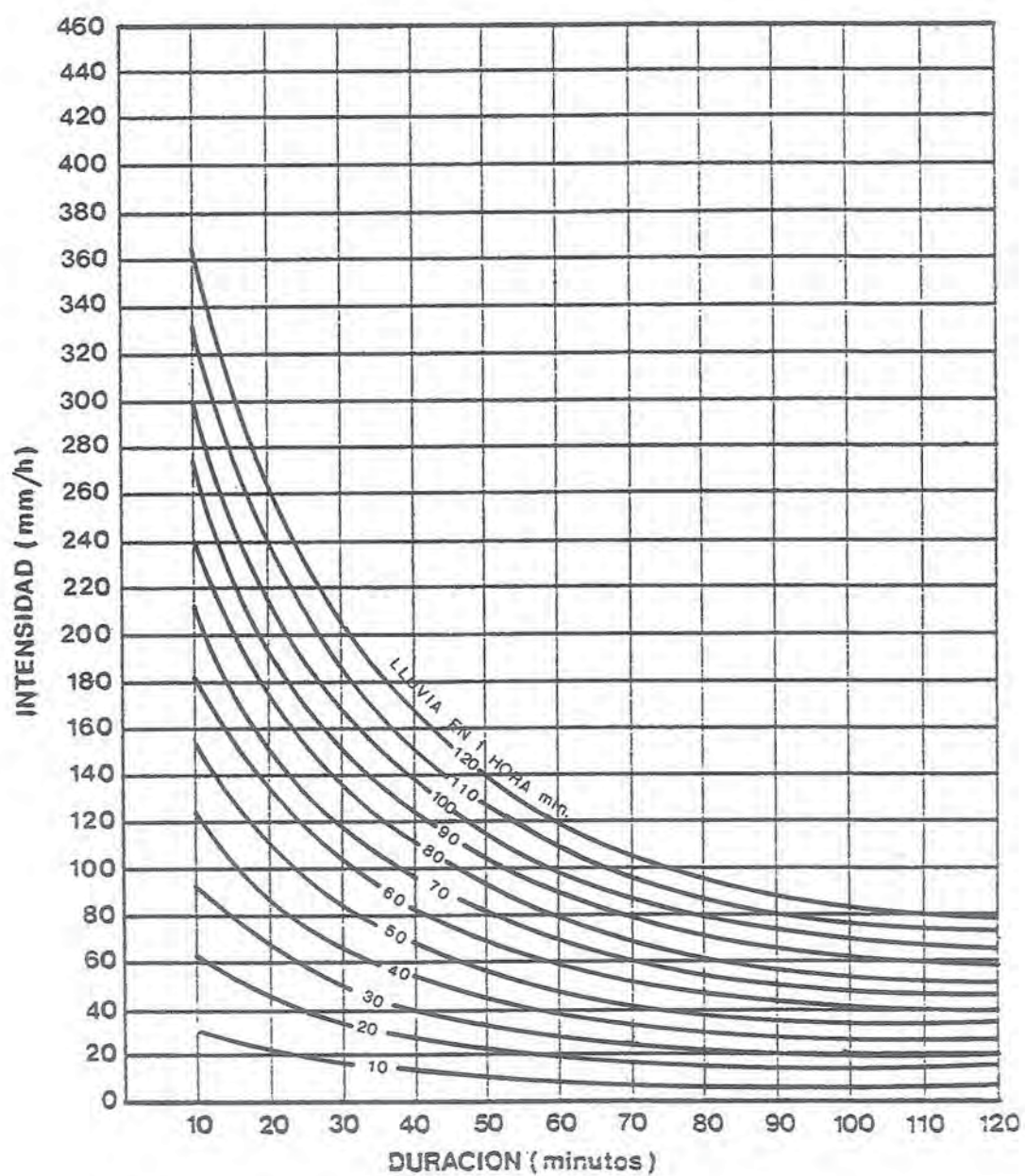
- Precipitaciones máximas en 1 hora
- Periodo de retorno 10 años



ZONA - A

Curvas de Intensidad - Duración.

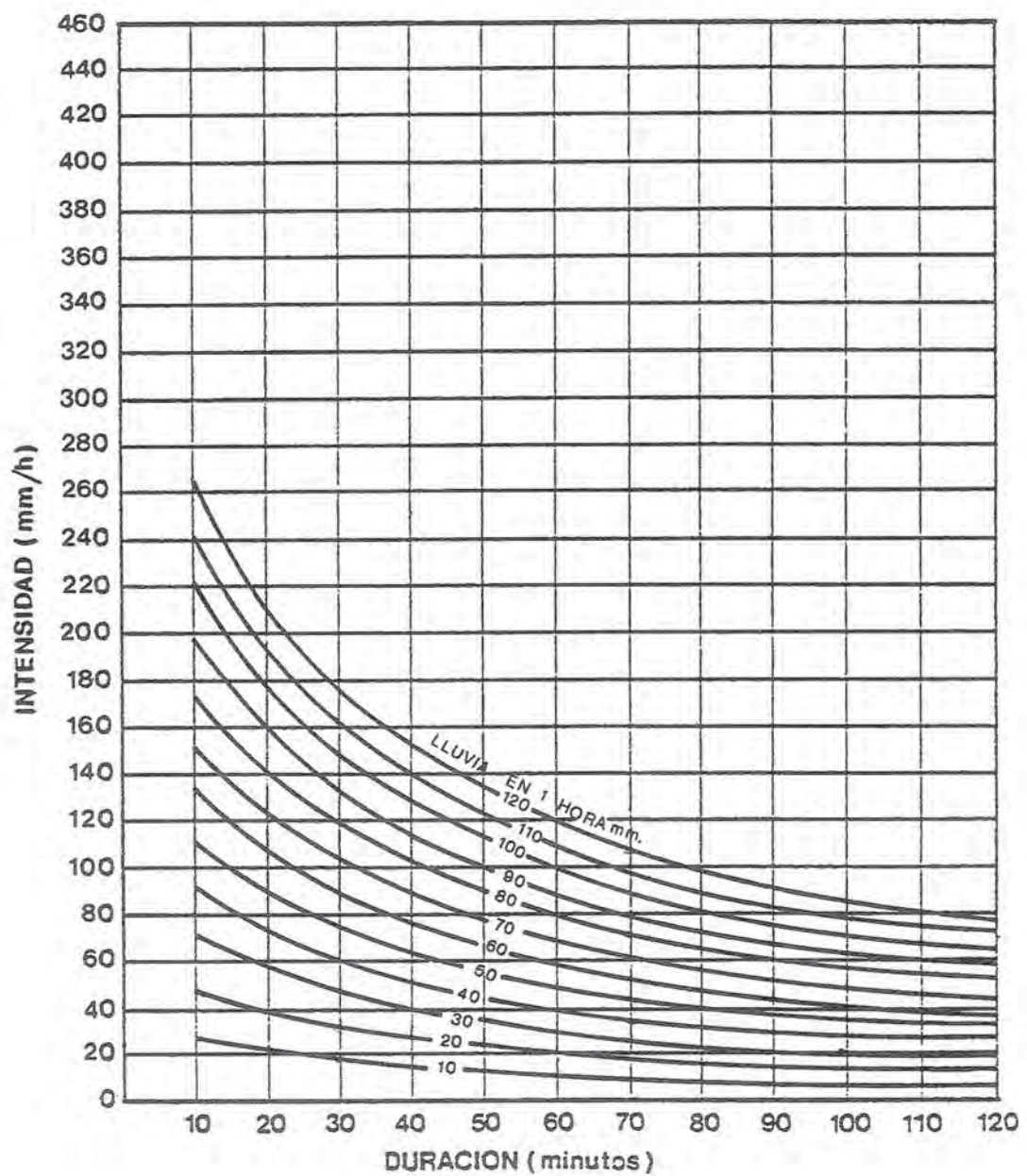
- Duración de lluvia de 10 min. a 2 h.
- Periodos de retorno: 2, 5 y 10 años.



ZONA - B

Curvas de Intensidad - Duración.

- Duración de lluvia de 10 min. a 2 h.
- Periodos de retorno: 2, 5 y 10 años.



6. TABLAS:

Tabla I

VALORES DEL COEFICIENTE «n»

1.º PARA AGUAS FECALES
(Tubería mitad llena)

Diámetro de la tubería mm	Coefficiente n
Hasta 40	0,012
50 a 75	0,013
90 a 110	0,014
125 a 160	0,015
más de 160	0,016

2.º PARA AGUAS PLUVIALES
(Tubería completamente llena)

Diámetro de la tubería mm	Coefficiente n
Cualquiera	0,0145

Tabla II

VELOCIDAD Y CAUDAL EN TUBERÍAS HORIZONTALES (FLUJO UNIFORME POR GRAVEDAD)

Pendiente	0,5 %			1 %			2 %			3 %			4 %		
	Velocidad m/s.	Caudal dm³/s.		Velocidad m/s.	Caudal dm³/s.		Velocidad m/s.	Caudal dm³/s.		Velocidad m/s.	Caudal dm³/s.		Velocidad m/s.	Caudal dm³/s.	
		Mitad sección	Sección llena		Mitad sección	Sección llena		Mitad sección	Sección llena		Mitad sección	Sección llena		Mitad sección	Sección llena
32	0,24	0,09	0,19	0,34	0,13	0,27	0,48	0,18	0,38	0,59	0,23	0,47	0,68	0,25	0,54
40	0,27	0,17	0,34	0,38	0,24	0,48	0,54	0,34	0,68	0,66	0,42	0,83	0,76	0,48	0,96
50	0,29	0,29	0,57	0,41	0,41	0,81	0,58	0,58	1,14	0,71	0,71	1,40	0,82	0,82	1,61
63	0,33	0,47	0,93	0,47	0,66	1,32	0,66	0,94	1,86	0,81	1,14	2,29	0,93	1,33	2,63
75	0,38	0,85	1,69	0,54	1,20	2,39	0,76	1,70	3,38	0,94	2,08	4,14	1,07	2,40	4,78
80	0,40	1,01	2,01	0,57	1,43	2,84	0,80	2,02	4,02	0,99	2,48	4,92	1,13	2,86	5,69
90	0,40	1,28	2,56	0,57	1,81	3,62	0,80	2,56	5,12	0,99	3,14	6,27	1,13	3,62	7,24
100	0,43	1,69	3,39	0,61	2,39	4,79	0,86	3,38	6,78	1,06	4,14	8,30	1,22	4,78	9,56
110	0,46	2,18	4,37	0,65	3,08	6,18	0,92	4,36	8,74	1,13	5,33	10,70	1,30	6,17	12,36
125	0,47	2,86	5,73	0,66	4,04	8,10	0,94	5,72	11,46	1,14	7,00	14,03	1,33	8,09	16,21
150	0,53	4,66	9,32	0,75	6,59	13,18	1,06	9,32	18,64	1,30	11,41	22,83	1,50	13,18	26,36
160	0,55	5,53	11,07	0,78	7,82	15,66	1,10	11,06	22,14	1,35	13,54	27,12	1,56	15,64	31,31
200	0,60	9,40	18,81	0,85	13,29	26,60	1,20	18,80	37,62	1,47	23,02	46,07	1,70	26,59	53,20
250	0,70	17,05	34,10	0,99	24,11	48,22	1,40	34,10	68,20	1,71	41,76	83,52	1,98	48,22	96,45
300	0,79	27,73	55,46	1,12	39,22	78,43	1,58	55,46	110,92	1,94	67,93	136,54	2,23	78,43	156,86

Tabla III

CAUDAL DE AGUA EN LAS BAJANTES

Diámetro de la bajante (mm)	CAUDAL EN dm ³ /s		
	r = 0,25	r = 0,29	r = 0,33
50	1,06	1,36	1,68
60	1,72	2,21	2,74
75	3,13	4,00	4,96
80	3,71	4,75	5,89
90	5,08	6,51	8,07
100	6,73	8,62	10,69
110	8,68	11,11	13,78
125	12,21	15,63	19,38
150	19,85	25,40	31,50
160	23,60	30,20	37,40
200	42,80	54,70	67,90
250	77,50	99,20	123,00
300	126,00	161,00	200,00

Tabla IV

UNIDADES DE DESAGÜE (UDs) Y DIAMETRO MINIMO DEL SIFON Y DEL RAMAL DE DESAGÜE CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS TIPOS DE APARATOS SANITARIOS

Tipo de aparato sanitario		Unidades de desagüe UD.		Diámetro mínimo sifón y ramal de desagüe (mm)	
		Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo		1	2	32	40
Bidet		2	3	32	40
Ducha		2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)		3	4	40	50
Polibán		3	—	40	—
Inodoros	Con cisterna	4	5	80	80 *
	Con fluxómetro	8	10	80	80 *
Turca		—	8	—	100
Lavacuñas		—	6	—	80
Urinario	Pedestal	—	4	—	50
	Suspendido	—	2	—	40
	En batería	—	3,5	—	—
Fregadero	De cocina	3	6	40	50
	De laboratorio	—	2	—	40
Lavadero		3	—	40	—
Vertedero		—	8	—	100
Fuente para beber		—	0,5	—	25
Sumidero sifónico		1	3	40	50
Lavaplatos		3	6	40	50
Lavadora		3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidet)	Inodoro con cisterna	7	—	80	—
	Inodoro con fluxómetro	8	—	80	—
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y polibán)	Inodoro con cisterna	6	—	80	—
	Inodoro con fluxómetro	8	—	80	—
Drenaje continuo o semicontinuo de equipos (bombas, etc.) cada 0,03 dm³/s.		1	—	—	—

* Ø 70 para inodoros de acción sifónica.

Tabla V

**UNIDADES DE DESAGÜE (UDs) EN LOS RAMALES HORIZONTALES
PARA SERVICIO SANITARIO**

Diámetro mm	Máximo número de UDs		
	Pendiente		
	1 %	2 %	4 %
32	—	1	1
40	—	2	3
50	—	6	8
65	—	12	15
80*	—	25	35
100	85	95	115
125	180	234	280
150	330	440	580
200	870	1.150	1.680

Máximo dos inodoros.

**UNIDADES DE DESAGÜE (UDs) EN LAS BAJANTES PARA
SERVICIO SANITARIO**

Diámetro mm	Máximo número de UDs. para altura de bajante de:		Máximo número de UDs. en cada ramal para bajantes de:	
	Hasta 3 pisos	Más de 3 pisos	Hasta 3 pisos	Más de 3 pisos
50	10	25	6	6
65	20	40	12	10
80	30 (1)	60 (1)	25 (2)	15 (2)
100	240	500	115	90
125	540	1.100	280	200
150	960	1.900	980	350
200	2.200	3.600	1.680	600
250	3.800	5.600	2.500	1.000
300	6.000	8.400	3.900	1.500

(1) Máximo seis inodoros.

(2) Máximo dos inodoros.

Tabla VII

**UNIDADES DE DESAGÜE (UDs) EN LOS ALBAÑALES (O
COLECTORES HORIZONTALES) PARA SERVICIO SANITARIO**

Diámetro mm	Máximo número de UDs		
	1 %	Pendiente 2 %	4 %
50	—	20	25
65	—	25	30
80	—	45	70
100	180	215	250
125	390	480	580
150	700	840	1.050
200	1.600	1.920	2.300
250	2.900	3.500	4.200
300	4.600	5.600	6.700
350	8.300	10.000	12.000

Tabla VIII

DIMENSIONADO DE LA COLUMNA DE VENTILACION

Diámetro de la bajante	UDs conectadas	Diámetro de la columna de ventilación secundaria (mm)								
		32	40	50	65	80	100	125	150	200
mm	—	Máxima longitud efectiva (m)								
32	2	9								
40	8	15	45							
50	10 24	9 7	30 14	40						
65	20 42		12 9	35 30	100 90					
80	30 60		8 6	18 15	60 24	150 120				
100	100 240 500			11 8 6	30 26 21	80 72 54	300 250 210			
125	300 540 1.100				10 8 6	22 20 15	100 90 60	280 260 210		
150	620 960 1.900					9 7 6	37 30 22	90 75 60	330 300 210	
200	1.000 1.400 2.200 3.600						14 12 9 8	37 30 24 18	140 120 105 75	380 360 330 250
250	2.500 3.800 5.600							15 9 8	30 24 18	150 105 75
300	4.000 6.000 8.400								15 9 8	30 24 18

Tabla IX

**DIAMETROS DE COLUMNAS DE
VENTILACION CON UNIONES EN CADA
PLANTA**

Diámetro de la bajante mm	Diámetro de la columna de ventilación mm
40	32
50	32
65	40
80	40
90	50
100	50
125	65
150	80
200	100
250	125
300	150

VENTILACION

Diámetro del ramal de desagüe	Pendiente del ramal de desagüe	Máxima longitud del ramal de ventilación (m)				
		Diámetro del ramal de ventilación (mm)				
mm	%	32	40	50	65	80
32	2	> 300				
40	2	> 300	> 300			
50	1	> 300	> 300	> 300		
	2	> 300	> 300	> 300		
65	1	300	> 300	> 300	> 300	
	2	250	> 300	> 300	> 300	
80	1	200	300	> 300	> 300	> 300
	2	100	215	> 300	> 300	> 300
100	1	40	110	300	> 300	> 300
	2	20	44	180	> 300	> 300
125	1		28	107	255	> 300
	2		15	48	125	> 300
150	1			37	96	> 300
	2			18	47	> 300

Tabla XI

**MAXIMA SUPERFICIE PROYECTADA DE CUBIERTA (en m²)
SERVIDA POR CANALONES SEMICIRCULARES**

(Régimen pluviométrico: 100 mm/h)

Diámetro nominal canalón mm	Máx. superficie proyectada de cubierta (m ²)			
	Pendiente del canalón			
	0,5 %	1 %	2 %	4 %
100	35	45	65	95
125	60	80	115	165
150	90	125	175	255
200	185	260	370	520
250	335	475	670	930

Tabla XII

**MAXIMA SUPERFICIE
PROYECTADA DE CUBIERTA
(en m²) SERVIDA POR
BAJANTES PLUVIALES**

(Régimen pluviométrico: 100 mm/h)

Diámetro nominal bajante mm	Superficie proyectada de cubierta m ²
50	65
65	120
80	205
100	430
125	805
150	1.255
200	2.700

Tabla XIII

**MAXIMA SUPERFICIE PROYECTADA DE CUBIERTA (en m²)
SERVIDA POR ALBAÑALES (O COLECTORES HORIZONTALES)
DE AGUAS PLUVIALES**

(Régimen pluviométrico: 100 mm/h)

Diámetro nominal albañal mm	Superficie proyectada de cubierta (m ²)		
	Pendiente del albañal		
	1%	2%	4%
80	75	110	155
100	175	245	350
125	310	440	620
150	500	700	1.000
200	1.070	1.510	2.140
250	1.920	2.710	3.850
300	3.090	4.370	6.190

Normativa

Código Técnico de la Edificación (CTE). "Documento básico (DB) – HS 4. Suministro de agua"

UNE EN 274-1:2002 "Accesorios de desagüe para aparatos sanitarios. Parte 1: Requisitos"

UNE EN 274-2:2002 "Accesorios de desagüe para aparatos sanitarios. Parte 2: Métodos de ensayo"

UNE EN 274-3:2002 "Accesorios de desagüe para aparatos sanitarios. Parte 3: Control de calidad"

UNE EN 545:2002 "Tubos, racores y accesorios en fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo"

UNE EN 806-1:2001 "Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de los edificios. Parte 1: Generalidades"

UNE EN 816:1997 "Grifería sanitaria. Grifos de cierre automático PN 10"

UNE EN 1 057:1996 "Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción"

UNE EN 1 112:1997 "Duchas para griferías sanitarias (PN 10)"

UNE EN 1 113:1997 "Flexibles de ducha para griferías sanitarias (PN 10)"

UNE EN 1 254-1:1999 "Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 1: Accesorios para soldeo o soldeo fuerte por capilaridad para tuberías de cobre"

UNE EN 1 254-2:1999 "Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 2: Accesorios de compresión para tuberías de cobre"

UNE EN 1 254-3:1999 "Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 3: Accesorios de compresión para tuberías de plástico"

UNE EN 1 254-4:1999 "Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 4: Accesorios para soldar por capilaridad o de compresión para montar con otros tipos de conexiones"

UNE EN 1 254-5:1999 "Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 5: Accesorios de embocadura corta para soldar por capilaridad con soldeo fuerte para tuberías de cobre"

UNE EN 1 452-1:2000 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC – U). Parte 1: Generalidades"

UNE EN 1 452-2:2000 "Sistemas de canalización de materiales plásticos para conducción de agua. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC – U). Parte 2: Tubos"

UNE EN 1 452-3:2000 "Sistemas de canalización de materiales plásticos para conducción de agua. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC – U). Parte 3: Accesorios"

UNE EN 12 201-1:2003 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE). Parte 1: Generalidades"

UNE EN 12 201-2:2003 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE). Parte 2: Tubos"

UNE EN 12 201-3:2003 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE). Parte 3: Accesorios"

UNE EN 12 201-4:2003 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE). Parte 4: Válvulas"

UNE EN ISO 3 822-2:1996 "Acústica. Medición en laboratorio del ruido emitido por la grifería y los equipamientos hidráulicos utilizados en las instalaciones de abastecimiento de agua. Parte 2: Condiciones de montaje y de funcionamiento de las instalaciones de abastecimiento de agua y de la grifería. (ISO 3822-2:1995)"

UNE EN ISO 3 822-3:1997 "Acústica. Medición en laboratorio del ruido emitido por la grifería y los equipamientos hidráulicos utilizados en las instalaciones de abastecimiento de agua. Parte 3: Condiciones de montaje y de funcionamiento de las griferías y de los equipamientos hidráulicos en línea. (ISO 3822-3:1997)"

UNE EN ISO 3 822-4:1997 "Acústica. Medición en laboratorio del ruido emitido por la grifería y los equipamientos hidráulicos utilizados en las instalaciones de abastecimiento de agua. Parte 4: Condiciones de montaje y de funcionamiento de los equipamientos especiales. (ISO 3822-4:1997)"

UNE EN ISO 12 241:1999 "Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo"

UNE EN ISO 15874-1:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polipropileno (PP). Parte 1: Generalidades"

UNE EN ISO 15874-2:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polipropileno (PP). Parte 2: Tubos"

UNE EN ISO 15874-3:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polipropileno (PP). Parte 3: Accesorios"

UNE EN ISO 15875-1:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X). Parte 1: Generalidades"

UNE EN ISO 15875-2:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X). Parte 2: Tubos"

UNE EN ISO 15875-3:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X). Parte 3: Accesorios"

UNE EN ISO 15876-1:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polibutileno (PB). Parte 1: Generalidades"

UNE EN ISO 15876-2:2004 "Sistemas de canalización de materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polibutileno (PB). Parte 2: Tubos"

UNE EN ISO 15876-3:2004 "Sistemas de canalización de materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polibutileno (PB). Parte 3: Accesorios"

UNE EN ISO 15877-1:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Poli (cloruro de vinilo) clorado (PVC-C). Parte 1: Generalidades"

UNE EN ISO 15877-2:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Poli (cloruro de vinilo) clorado (PVC-C). Parte 2: Tubos"

UNE EN ISO 15877-3:2004 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Poli (cloruro de vinilo) clorado (PVC-C). Parte 3: Accesorios"

UNE 19040:1993 "Tubos roscables de acero de uso general. Medidas y masas. Serie normal"

UNE 19041:1993 "Tubos roscables de acero de uso general. Medidas y masas. Serie reforzada"

UNE 19 047:1996 "Tubos de acero soldados y galvanizados para instalaciones interiores de agua fría y caliente"

UNE 19 049-1:1997 "Tubos de acero inoxidable para instalaciones interiores de agua fría y caliente. Parte 1: Tubos"

UNE 19 702:2002 "Grifería sanitaria de alimentación. Terminología"

UNE 19 703:2003 "Grifería sanitaria. Especificaciones técnicas"

UNE 19 707:1991 "Grifería sanitaria. Especificaciones técnicas generales para grifos simples y mezcladores (dimensión nominal 1/2). PN 10. Presión dinámica mínima de 0,05 Mpa (0,5 bar)"

UNE 53 131:1990 "Plásticos. Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo"

UNE 53 323:2001 EX "Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos para aplicaciones con y sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PR-FV) basados en resinas de poliéster insaturado (UP)"

UNE 100 151:1988 "Climatización. Pruebas de estanquidad de redes de tuberías"

UNE 100 156:1989 "Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño"

UNE 100 171:1989 IN "Climatización. Aislamiento térmico. Materiales y colocación"

Real Decreto 140/2003 "Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano"

Reglamento General del Servicio Metropolitano de Abastecimiento de Agua en el ámbito Metropolitano (Barcelona)

Glosario

acometida *f* Tubería de enlace entre la instalación general del edificio y la conducción exterior de abastecimiento.

a. c. s. Abreviatura de agua caliente sanitaria.

Caudal instalado *m* Caudal resultante de la suma de cada uno de los caudales instantáneos de cada aparato sanitario y/o punto de consumo de la instalación.

caudal instantáneo *m* Volumen de agua suministrado por unidad de tiempo.

caudal instantáneo mínimo *m* Caudal instantáneo que deben recibir los aparatos sanitarios con independencia de su estado de funcionamiento.

caudal simultáneo *m* Caudal que se produce en una instalación por el funcionamiento simultáneo de aparatos de consumo o unidades de suministro.

Contador *m* Dispositivo analógico y/o digital cuya misión es medir la totalidad del consumo producido en una instalación.

contador divisionario *m* Aparato o dispositivo que, montado sobre una batería de contadores o colector específico para tal uso, contabiliza el consumo producido en una vivienda o suministro determinado.

depósito de acumulación *m* Depósito que servirá de reserva cuando el suministro habitual sea discontinuo o insuficiente.

derivación de aparato *f* Tubería que conecta la derivación particular o una de sus ramificaciones con un aparato o punto de consumo.

derivación particular *f* Tramo de canalización con pendiente descendente comprendida entre la columna ascendente o montante hasta la derivación de los aparatos de consumo.

diámetro nominal *m* Número convencional que coincide teóricamente con el diámetro exterior de los tubos y forma parte de la identificación de los diversos elementos que se acoplan entre sí en una instalación.

espesor nominal *m* Medición del grosor de pared del tubo, entre su diámetro exterior e interior.

fluxor *m* Llave, temporizada, de cierre automático que al ser abierta es capaz de proporcionar un caudal de agua abundante en un breve periodo de tiempo. Generalmente se

emplea para sustituir el depósito de descarga en los inodoros y otros aparatos empleados en servicios de uso público.

grupo de sobreelevación *m* Conjunto de elementos (depósitos, bombas, cuadro eléctrico, etc.) encargados de proporcionar a los usuarios de una instalación una presión mayor que la de la propia red.

instalación interior general *f* Conjunto de tuberías y elementos de control y regulación que enlazan la acometida con las instalaciones interiores particulares (de cada abonado).

instalación interior particular *f* Parte de la instalación comprendida entre la salida del contador de cada abonado y los aparatos o puntos de consumo.

local húmedo *m* Local en el que existen aparatos que consumen agua, alimentados desde las derivaciones individuales de la instalación interior particular.

llave de paso *f* Llave situada en el tubo de alimentación, que permite cortar el paso de agua, desde un espacio de común acceso en el interior del edificio, a todos los abonados conectados a una misma red.

llave de registro *f* Llave instalada al final de una acometida, que permite cortar el paso de agua, desde un acceso exclusivo en el exterior del edificio, pero en las inmediaciones al mismo, a todos los abonados conectados a una misma red.

montante *m* Tubería que une la salida del contador o colector del grupo de presión con la red de distribución de agua (en viviendas o en núcleos húmedos en edificios de otro uso).

Pasamuros *m* Orificio que se practica en el muro de un cerramiento del edificio para el paso de una tubería, de modo que ésta quede suelta y permita la libre dilatación.

presión de prueba *f* Presión manométrica a la que se somete la instalación durante la prueba de estanqueidad.

presión de servicio *f* Presión manométrica del suministro de agua a la instalación en régimen estacionario.

presión de trabajo *f* Valor de la presión manométrica interna máxima para la que se ha diseñado el tubo, considerando un uso continuado de cincuenta años.

presión nominal *f* Número convencional que coincide con la presión máxima de trabajo a 20 °C.

prueba de resistencia mecánica y estanqueidad *f* Prueba que consiste en someter a presión una red de tuberías con el fin de detectar roturas en la instalación y falta de estanqueidad.

punto de consumo *m* Todo aparato o equipo individual o colectivo que requiera suministro de agua fría para su utilización directa o para su posterior conversión en agua caliente sanitaria.

purgado *m* Consiste en eliminar o evacuar el aire de las tuberías de la instalación.

válvula de retención *f* Dispositivo que impide automáticamente el paso de un fluido en sentido contrario al normal funcionamiento de la misma.

válvula de seguridad *f* Dispositivo que se abre automáticamente cuando la presión del circuito sube por encima del valor de tarado, descargando el exceso de presión a la atmósfera. Su escape será reconducido a desagüe.