

# **PROGRAMA DE FORMACIÓN DE GESTORES ENERGÉTICOS EN INDUSTRIAS**

*Provincia de Santa Fe 2018*

## **MÓDULO VII**

# **SISTEMAS DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL**



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# VII | SISTEMAS DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL

## **CONTENIDOS**

VII.1. INTRODUCCIÓN

VII.2. CLASIFICACIÓN DE VENTILACIONES

VII.3. CONSIDERACIONES PREVIAS

VII.4. ECUACIONES DE CÁLCULO

VII.5. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

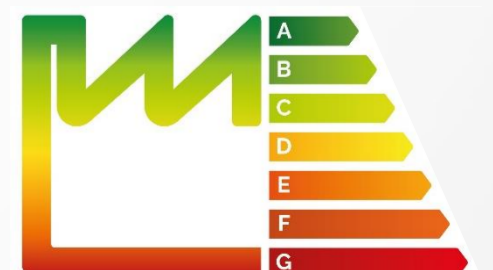
VII.6. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LOS CONDUCTOS



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# VII | SISTEMAS DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL

## **CONTENIDOS**

VII.7. MÉTODO DE DISEÑO

VII.8. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

VII.9. EQUILIBRIO EN EL NUDO

VII.10. CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

VII.11. MUELA ABRASIVA: SISTEMA DE CAPTACIÓN DE POLVOS

VII.12. UNIDADES TRATAMIENTO DE AIRE UTAS Y CALEFACCIÓN

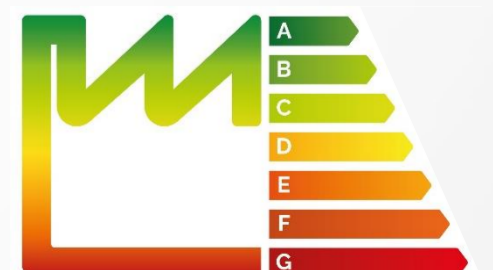
VII.13. TÓPICOS Y EXTRA COSTOS



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# INTRODUCCIÓN

## ***FUNCIONES DE LA VENTILACIÓN***

La función principal de la ventilación es **sustituir el aire ambiente interior** de un sector, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada, humedad excesiva, gases y partículas nocivas para el humano.

La ventilación resuelve funciones vitales como la **provisión de oxígeno y control del calor**, a la vez que proporciona condiciones de confort afectando a la temperatura del aire, su humedad, la velocidad del mismo y la dilución de olores indeseables. En las instalaciones industriales, donde debido a procesos, máquinas, etc. se contamina el aire es fundamental la presencia de una **ventilación adecuada y bien dimensionada**.

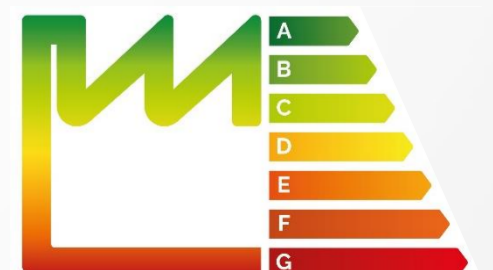
\*En el desarrollo de Aire Comprimido tratamos el tema del aire atmosférico, describiendo las características y los inconvenientes que se presentan por la contaminación del mismo.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# INTRODUCCIÓN

## ***FUNCIONES DE LA VENTILACIÓN***

Existen diferentes procedimientos de diseño para determinar las **dimensiones de los conductos** y las **pérdidas de carga** de un sistema de ventilación localizada por extracción. Con la **velocidad** y el **caudal de aire** que debe moverse en el sistema, se definen las características del ventilador, tales como el tamaño, su tipo, el número de revoluciones del rotor y la potencia requerida y otros parámetros.

Los conductos de un sistema de ventilación localizada deben cumplir las siguientes funciones:

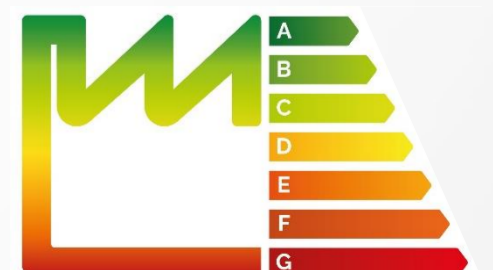
- ✓ Llevar el aire contaminado desde las diferentes campanas al punto de descarga.
- ✓ Mediante un adecuado diseño asegurar que en cada campana se capte el caudal de diseño requerido.
- ✓ Asegurar la velocidad adecuada de transporte.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# INTRODUCCIÓN

## ***CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS VENTILADORES***

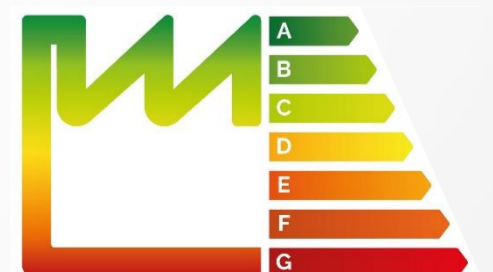
- ✓ POR SOBREPRESIÓN: se obtiene insuflando aire a un sector, poniéndole en sobrepresión interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye hacia el exterior por las tuberías o aberturas; barriendo del ambiente los contaminantes y dejando un ambiente lleno de aire puro.
- ✓ POR DEPRESIÓN: mediante un ventilador extractor se provoca que el aire del ambiente esté en depresión respecto a la presión atmosférica. El aire penetra desde fuera por la abertura adecuada, efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# INTRODUCCIÓN

## ***CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS VENTILADORES***

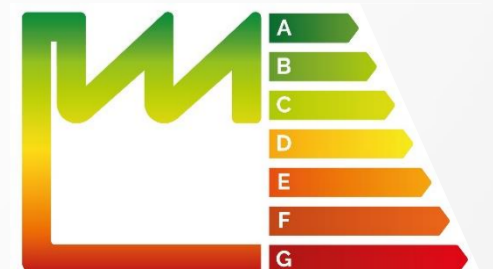
- ✓ AMBIENTAL O GENERAL: el aire ingresa al ambiente y luego sale libremente. Presenta el inconveniente que de existir un foco contaminante concreto, el aire contaminado se esparce por todo el ambiente.
- ✓ LOCALIZADA: el aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el resto del ambiente. Se logra mediante una campana que abrace lo más estrechamente posible el foco de polución y que lo conduzca al exterior.
- ✓ MECÁNICA CONTROLADA: este sistema permite controlar el ambiente de toda la planta, recirculando parte del aire, permitiendo introducir recursos para el ahorro de energía.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# INTRODUCCIÓN

## **CONSIDERACIONES PREVIAS**

Se deben contar con los siguientes datos:

- ✓ **Distribución en planta** de los sectores de trabajo, de los equipos y sus dimensiones, etc.
- ✓ **Esquema del sistema de conductos**, incluyendo las dimensiones en planta y en elevación, la ubicación del equipo de tratamiento y del ventilador, etc. Se debe identificar cada tramo de los ramales (conductos secundarios) y el conducto troncal (principal) con números y/o letras.
- ✓ Un diseño previo o **esquema de la campana** a instalar para el control de cada operación.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# ECUACIONES DE CÁLCULO

## AIRE

El aire es un fluido compresible, pero la presión, generalmente del orden de los 500 milímetros de columna de agua (mmcda) o su equivalente de 5000 pascales (Pa) de valor máximo y la temperatura, del orden de los 15 a los 45 grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) que generalmente se producen en los conductos de un sistema de ventilación localizada, no afectan de manera significativa la densidad del aire. Por lo tanto, se supone al **aire como un fluido incompresible**, y se utilizan las expresiones de **Bernoulli** para estudiar el comportamiento del aire en los conductos de los sistemas de ventilación localizada.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# ECUACIONES DE CÁLCULO

## **PARÁMETROS**

La **velocidad  $v$** , es la velocidad de circulación del aire dentro de los conductos medida en metros sobre segundo y  **$\gamma$  es el peso específico del aire** que circula por el conducto medido en newton sobre metros cúbicos.

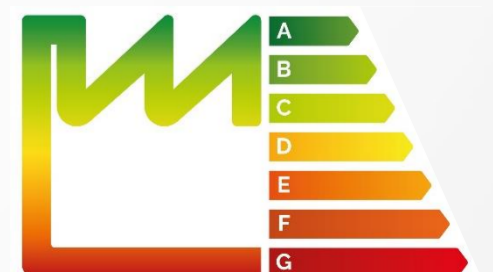
En los sistemas de ventilación es más práctico trabajar con presiones estáticas referidas a la presión atmosférica, en lugar de hacerlo con las presiones absolutas en los conductos.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# ECUACIONES DE CÁLCULO

## **DIFERENCIAS DE PRESIONES**

Ahora bien, una diferencia de presión se puede expresar como:

$$\Delta P = h \times \gamma$$

Donde el  $\gamma$  es el peso específico del fluido (agua) colocado dentro un manómetro y  $h$  es la altura de dicho fluido. Si se considera un manómetro con agua, ese fluido será agua.

Además se define la **presión estática referida a la presión atmosférica** como:

$$p = P - P_{atm}$$

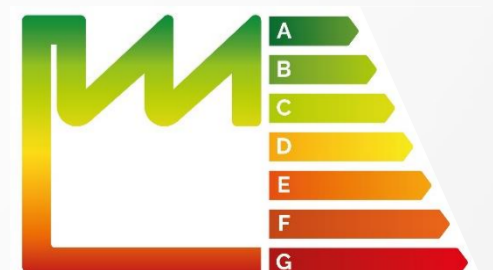
Siendo el primer término la presión estática referida a la presión atmosférica y se expresa en metros de columna de agua (1mcda).



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# ECUACIONES DE CÁLCULO

## **DIFERENCIAS DE PRESIONES**

La expresión simplificada considerando la pérdida de carga ( $\Delta h_p$ ) del aire por los conductos tenemos:

$$h_{E1} + h_{D1} = h_{E2} + h_{D2} + \Delta h_p$$

*Estatica<sub>1</sub> + Dinámica<sub>1</sub> = Estatica<sub>2</sub> + Dinámica<sub>2</sub> + Pérdida de Carga*

La pérdida de carga está referida a la presión atmosférica y se expresa en unidades 1mcda.

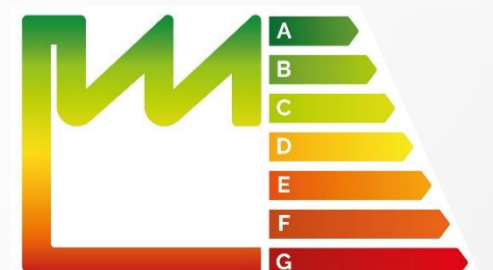
La expresión final, es la empleada para calcular la ventilación localizada. Los primeros términos (estático),  $h_E$  pueden ser positivos o negativos respecto a la presión atmosférica (en el caso de depresiones) y los segundos términos (dinámico),  $h_0$  es siempre positivo.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# ECUACIONES DE CÁLCULO

## **DIFERENCIAS DE PRESIONES**

También debido a la siguiente expresión (Bernoulli), la presión dinámica puede expresarse de otra manera.

Si se considera la densidad del agua ( $\rho_{H2O}$ ) como 1000 kg/m<sup>3</sup>, la densidad del aire ( $\rho$ ) como 1,2 kg/m<sup>3</sup> en condiciones normales de presión y temperatura, y la gravedad ( $g$ ) como 9,81m/s<sup>2</sup>, se obtiene:

$$h_D = \frac{v^2}{16350 \text{ m/s}^2} [m]$$

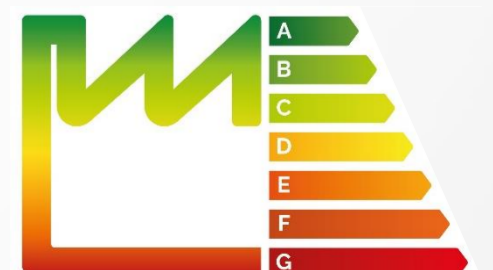
Siendo la velocidad en unidades 1 m/s, el resultado de la presión dinámica será en 1 mcda.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## **SISTEMAS**

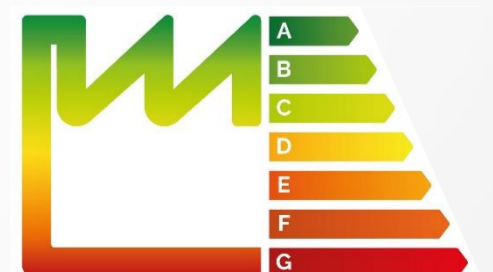
Todos los sistemas de extracción localizada, simples o complejos, emplean **campanas de captación**, un conjunto de **conductos y accesorios**, un sistema de **tratamiento o depuración** y el **ventilador**. Se debe recordar que un sistema complejo de extracción localizada es un conjunto de sistemas simples unidos a un conducto común.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## ***CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO CORRECTO DEL SISTEMA***

- ✓ Diseñar las campanas de captación de acuerdo a la operación a controlar y calcular el caudal de diseño. Existen Tablas.
- ✓ Establecer la velocidad mínima en los conductos de acuerdo a las velocidades de transporte. Existen Tablas.
- ✓ Calcular la sección del conducto dividiendo el caudal de diseño por la velocidad mínima.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## **CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO CORRECTO DEL SISTEMA**

- ✓ Determinar, a partir del esquema del trazado de la red de conductos, la longitud de cada tramo recto y el número y tipo de codos, empalmes y accesorios necesarios. Un tramo de conducto recto se lo define como un conducto de dimensiones generalmente uniformes, que une dos puntos de interés, como campanas con codos o empalmes, codos o empalmes entre sí, codo o empalme con ventilador, etc. La longitud del tramo recto a considerar en el diseño es la dimensión medida sobre el eje del conducto.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## ***DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTOS***

Para determinar el diámetro del conducto, se emplean la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Siendo:

Q caudal [m<sup>3</sup>/s]

V velocidad [m/s]

A sección de la tubería [m<sup>2</sup>]

D diámetro de la tubería [m]



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## ***DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTOS***

En los sistemas de ventilación localizada por extracción se eligen conductos circulares, salvo razones de fuerza mayor, en lugar de conductos rectangulares debido a que:

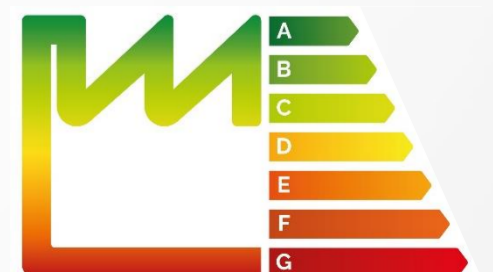
- ✓ Producen **menores pérdidas** por fricción pues la sección circular es la que presenta menor perímetro a igualdad de área.
- ✓ No se requiere **ocupar espacios reducidos** como en el caso de los conductos rectangulares de aire acondicionado que se instalan en los edificios.
- ✓ Presentan **mayor resistencia mecánica** a la deformación cuando su presión interna es menor que la presión atmosférica.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## ***DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTOS***

En los sistemas de ventilación localizada por extracción se eligen conductos circulares, salvo razones de fuerza mayor, en lugar de conductos rectangulares debido a que:

- ✓ Tienen una **distribución de velocidades más uniforme** en su sección que la distribución correspondiente a conductos rectangulares, pues las velocidades en sus ángulos inferiores son prácticamente nulas. Así se logra transportar a las partículas en suspensión hasta el equipo de tratamiento, evitando que se depositen en los conductos y los obturen, cuando la velocidad es seleccionada de manera adecuada.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## **VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS**

La selección de una velocidad dentro de un conducto depende de las **características de los contaminantes captados** en la campana de aspiración. Existen Tablas.

Cuando se trata de polvos se debe seleccionar una **velocidad mínima adecuada para su transporte**. Se denomina **velocidad de transporte o de diseño** a aquélla que permite que los polvos lleguen a los equipos de tratamiento y no sedimenten en los conductos, lo que provocaría su obturación. Los rangos de velocidades recomendadas para distintos tamaños de polvos están dados por la siguiente tabla:



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS

### CAPTACIÓN POR CAMPANA

Tipo de Trabajo	(m/s)	
	$V_a$	$V_c$
Gases o vapores	0,25 a 0,5	12
Gases soldadura	0,5 a 1	15
Caldera de vapor	0,75	10
Estufa barnizado	1 a 1,25	8
Polvos	1 a 2,5	

### CAPTACIÓN POR CABINA

Pintura, triturado	1 a 2,5	15
Aerografismo	2	10
Amolado	1	18
Máquina embalar (Aspirac. descendente)	0,25 a 0,5	
Motores explosión	3.500 m <sup>3</sup> /h. m <sup>2</sup>	
Tanque impregnado	3.500 m <sup>3</sup> /h. m <sup>2</sup>	
Forja manual	1	8

$V_c$  velocidad de conducto

$V_a$  velocidad de aspiración

### CAPTACIÓN POR CABINA

Esmerilado	2,5 a 10	15
Perforado rocas, vertical descendente	0,3 1	18
Soldadura plata	0,5	10

### VARIOS

	$V_c$
Todos los vapores y gases	9 a 10
Polvos	8
Soldadura eléctrica	10 a 13
Hilachas de algodón, harina de gramíneas y de madera, polvos de litografía	13 a 15
Serrín de madera	15
Polvo metálico de rectificado	16
Finos de goma, hilachas de yute, polvo de algodón, de jabón y bakelita, virutas ligeras de madera y cuero	15 a 20
Polvo de amolado, de yute, lana, granito y corte prod. cerámicos y barro de arcilla, de fundición y envasado prod. textiles, granos de café, harina de sílice, viruta fina metálica	18 a 20
Polvo pesado de aserrado, torneado metálico, vibrado y volcado en fundición, pro- yección de arena, cubitos de madera, polvo de plomo con partículas, de cemento, de asbestos en el cortado de conductos, desperdicios pegajosos de lino, polvo de cal viva y finos de carbón	25

# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS

Las velocidades de transporte en los conductos *no debe superar los 30 m/s*, debido a que:

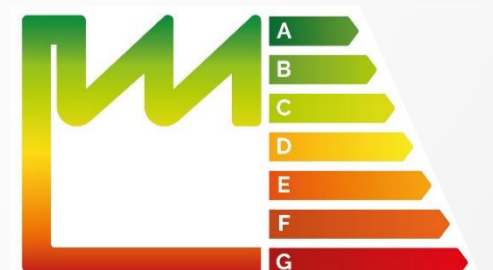
- ✓ Se **incrementan las pérdidas de carga**, aumentando la potencia requerida para la circulación del aire.
- ✓ Se **incrementa la acción abrasiva de los polvos**, que depende de sus características, aumentando el desgaste de los conductos y sus accesorios, incrementando los gastos de mantenimiento del sistema de ventilación.
- ✓ Se **incrementa el ruido** producido por el aire y los polvos que éste transporta.
- ✓ Se **incrementan las vibraciones** de los conductos, obligando a una sujeción de los mismos más costosa.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## **VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS**

Las velocidades de transporte en los conductos *no debe superar los 30 m/s*, debido a que:

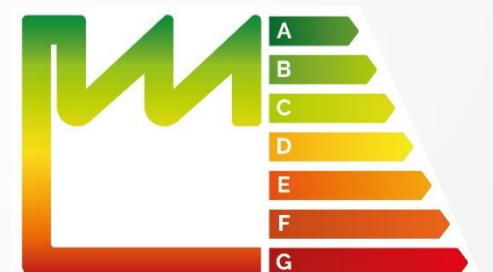
- ✓ **En el caso de tratarse de gases o vapores**, estos se diluyen en el aire y la velocidad de diseño, que se obtiene a través de un cálculo económico, es mucho menor que 30 m/s, estimado entre 5 y 10 m/s. Este rango depende de la estructura de costos de los diferentes países para los materiales, la energía, los ventiladores y los motores eléctricos.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## **VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS**

Cuando la velocidad aumenta, a igual caudal, disminuye la sección y se incrementan las pérdidas en los conductos, en tanto que disminuyen los costos de instalación por ser las cañerías de menor tamaño.

Cuando la velocidad disminuye, aumenta la sección de la cañería, disminuyendo las caídas de presión, y aumentando los costos de la instalación.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

## **VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS**

A partir de la selección de una velocidad, adecuada al contaminante que se transporta, se está en condiciones de calcular el diámetro del conducto requerido.

Para los conductos que transportan polvos de debe elegir el conducto comercial disponible con la sección inmediatamente inferior a la calculada, con el fin de asegurar que la velocidad real sea superior a la mínima necesaria.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



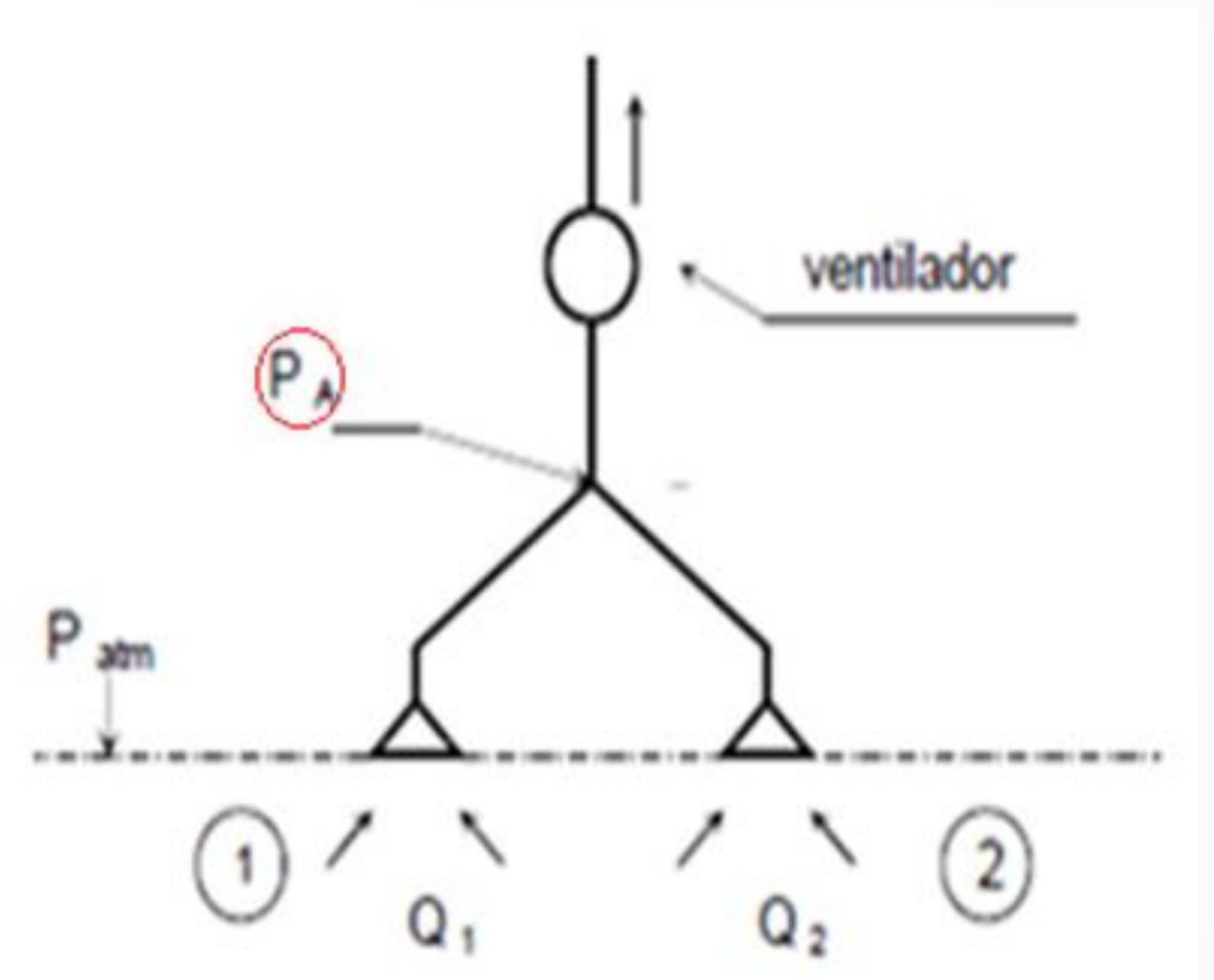
Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## INTRODUCCIÓN

Si se analiza el funcionamiento de un sistema simple, se tiene un sistema constituido por dos campanas 1 y 2, empalmadas en un nudo y que ambas campanas aspiran diferentes caudales mediante un ventilador ubicado al final de la continuidad del nudo. Como muestra la siguiente figura.



# MÉTODOS DE DISEÑO

## INTRODUCCIÓN

Se considera conveniente para minimizar las pérdidas, que a cada nudo concurren solo dos tramos, denominados **ramales**, y salga un tercer conducto, denominado **troncal**.

Como las campanas están conectadas al ambiente, la presión existente en el frente cada una de ellas es igual a la presión atmosférica ( $P_{atm}$ ).

La presión ejercida en el nudo A la denominamos  $P_A$ .

La caída de presión que se produce a lo largo del tramo 1-A es:  $\Delta P_{1-A} = P_{atm} - P_A$

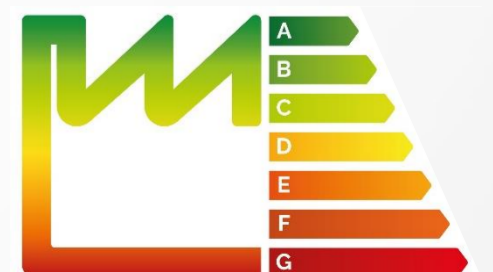
la caída de presión a lo largo del tramo 2-A es:  $\Delta P_{2-A} = P_{atm} - P_A$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## INTRODUCCIÓN

Comparando las ecuaciones anteriores, se concluye que:

En un sistema de ventilación localizado por extracción en funcionamiento, para todos los caminos, que comienzan en distintas campanas y terminan en un mismo nudo, **la caída de presión estática es siempre la misma.**

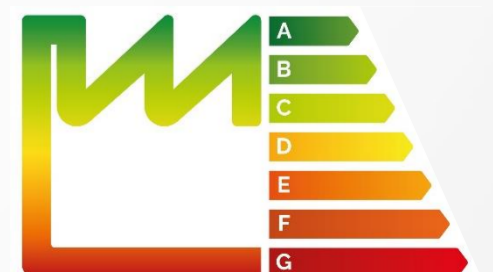
En la práctica siempre se produce lo que se denomina **“equilibrio de la presión estática en cada nudo”**, que determina que el caudal total de aire aspirado por el ventilador se distribuya de forma automática entre los diferentes tramos, de acuerdo a las resistencias que presentan cada uno de ellos.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de un sistema de ventilación localizado por extracción es lograr que en cada campana se aspire un caudal de aire que, **como mínimo, sea igual al caudal de aspiración de diseño**, cumpliendo de esa forma con el objetivo primordial de la protección a la salud.

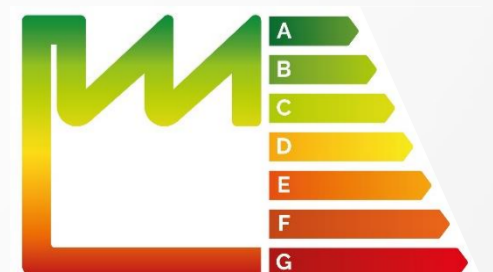
Para lograr la distribución adecuada del caudal total entre las campanas de aspiración, el proyectista dispone de dos métodos de cálculo: el “Método de equilibrio por compuertas” y el “Método de equilibrio por diseño”.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## ***MÉTODO DE EQUILIBRIO POR COMPUERTAS***

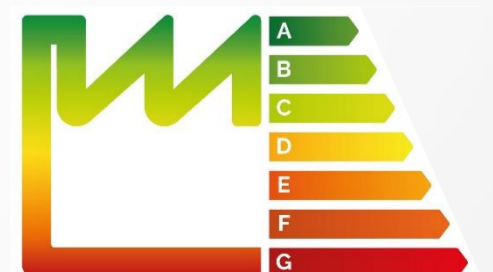
El criterio de diseño consiste en calcular los diámetros de los conductos utilizando la ecuación que se vio previamente, donde el **caudal  $Q$  es el caudal que depende del diseño de la respectiva campana de captación** y  **$V$  es la velocidad de transporte correspondiente al contaminante captado**. En cada empalme se suman los caudales de las corrientes aportadas por los conductos que concurren al mismo, y con este nuevo caudal y la velocidad de transporte elegida se calcula el área y el diámetro del troncal. Este cálculo se reitera hasta llegar al punto de descarga del sistema.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR COMPUERTAS**

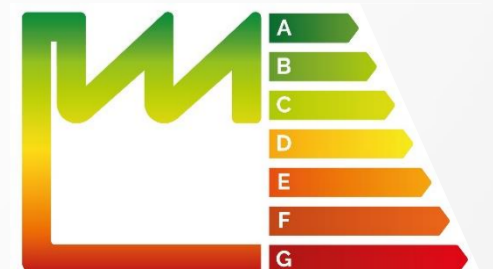
Con estos diámetros así calculados, se diseña el sistema y se lo instala, con el **agregado de compuertas de regulación**, a la salida de cada campana. Cuando el sistema se pone en funcionamiento, las compuertas se ajustan para lograr el caudal de diseño en cada campana. El ventilador instalado debe tener la potencia adecuada para satisfacer las necesidades del sistema.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO**

El método propuesto consiste en **lograr la distribución de los caudales** en los distintos tramos, que deben ser iguales o mayores que los caudales de diseño, sin el empleo de las compuertas de regulación. El cálculo comienza con la elección y dimensionamiento de las campanas conectadas a conductos con mayores resistencias, se elige la velocidad de transporte mínima adecuada al contaminante, y luego el caudal calculado. Se calcula el área y las dimensiones de cada conducto que concurren a un mismo nudo. A partir del nudo, la velocidad deberá ser igual o mayor a la velocidad de transporte del contaminante mas demandante. Para ciertos casos donde no hay campanas, se suele establecer un caudal de aspiración recomendado del cual existen tablas (Ej: Granalladoras, Arenadoras, etc).



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO**

A partir de las longitudes de los tramos rectos y de los accesorios de esos conductos, se calculan las pérdidas de carga de los mismos y se las comparan entre sí. Si no son iguales, es decir que no se logra el equilibrio de presión estática en el nudo considerado, se modifican las variables de cálculo (diámetro) hasta lograr dicho equilibrio. A partir de allí se sigue avanzando siguiendo el trazado de los conductos, nudo a nudo, hasta terminar en la descarga del sistema. Cada vez que se llega a un nudo debe **verificarse el cumplimiento del equilibrio de la presión estática**, siguiendo el camino desde cada una de las campanas consideradas hasta el nudo analizado.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: PÉRDIDAS**

Generalmente, en las instalaciones industriales se utilizan sistemas de ventilación calculados mediante el **método de equilibrio por diseño**. Las pérdidas de presiones estáticas, que se producen al circular el aire a través de una campana y por el conducto conectado a ella, hasta el nudo correspondiente, se clasifican en tres tipos y se expresan en milímetros de columna de agua:

- ✓ Pérdidas por fricción en tramos rectos de conductos:  $h_1$
- ✓ Pérdidas localizadas por accesorios:  $h_2$
- ✓ Pérdidas por entrada:  $h_3$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## ***MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: PÉRDIDAS***

Teniéndose un total de pérdida de presión estática del tramo considerado de:

$$\sum h = h_1 + h_2 + h_3$$

Además, si se aplica el principio de funcionamiento que se describió previamente, en un nudo donde llegan dos tramos distintos, la caída de presión estática total es siempre la misma:

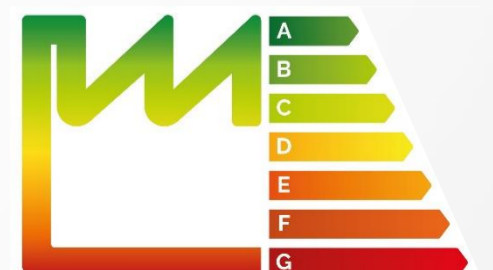
$$\sum h_{1-A} = \sum h_{2-A}$$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## ***MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN***

Entonces, el procedimiento de cálculo por este método se resume como:

1. Una vez determinada la distribución de la red de conductos, se elige el ramal que por sus características, tales como caudal a conducir, longitud y cantidad y tipo de accesorios, se considera que producirá la pérdida de presión mayor. En caso que la elección no sea la correcta, puede ocurrir que haya que realizar más pasos hasta lograr el equilibrio estático del sistema.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## ***MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN***

Entonces, el procedimiento de cálculo por este método se resume como:

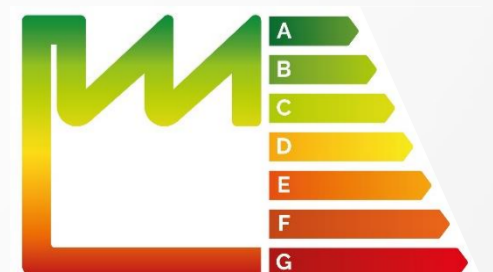
2. Luego se determina el diámetro del conducto, la velocidad mínima dentro del conducto y la campana, que se selecciona viendo la tabla de acuerdo al tipo del contaminante a transportar y calculando el caudal mínimo a aspirar por la campana conectada a dicho ramal. Determinar las pérdidas de presión de los tramos, que incluyen las pérdidas de las campanas, que concurren a un nudo dado.
3. Se determinan las pérdidas totales.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN**

4. Se repite el cálculo para el ramal que concurre al mismo nudo que el ramal anterior y se determina la nueva pérdida de presión estática total. Se deben comparar las pérdidas de presión estática total de ambos ramales si no se logra el equilibrio.
  - ✓ En el caso que se trate de **conductos que transporten partículas**, se debe respetar el mayor de los valores obtenidos, que se denomina pérdida de presión estática total fija, y es la que se requiere para lograr en el tramo la velocidad mínima de transporte de las partículas. En caso contrario comenzará la sedimentación de las partículas en el conducto.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN**

*La pérdida de presión estática total de menor valor, correspondiente al otro tramo, se denomina pérdida de presión estática total variable y deberá ser aumentada hasta lograr igualarse con la pérdida de presión estática total fija.*

- ✓ En el caso que se trate de **conductos que transporten gases y/o vapores**, al no existir una necesidad de mantener velocidades mínimas de transporte, se busca optimizar el diseño para lograr el menor costo del sistema, usando velocidades bajas. Por lo tanto, en este caso se puede proceder igual que en el caso anterior.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN**

5. Habiéndose elegido la pérdida de presión estática total fija ( $\sum h_F$ ) y la pérdida de presión estática total variable ( $\sum h_V$ ), se comparan las pérdidas de presión por medio de la diferencia entre ambas, tomando su valor absoluto, y dividiéndola por el valor de la pérdida de presión estática total fija ( $\sum h_F$ ), que se que no va a variar, y multiplicando la expresión por 100.

$$\Delta \sum h_{(\%) } = \frac{|\sum h_F - \sum h_V|}{\sum h_F} \times 100$$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN**

Si se obtiene un valor **menor al 5%** o, se considera que la pérdida a lo largo de ambos tramos es la misma para los fines de diseño. Si el resultado se encuentra **entre el 5% y el 20%** se recalcula el tramo que presenta menor pérdida, aumentando el caudal (con la velocidad), hasta lograr una diferencia menor al 5%. El nuevo caudal en m<sup>3</sup>/s ,se calcula:

$$Q_{nuevo} = Q \times \left( \frac{\sum h}{\sum h_{nuevo}} \right)^{0,5}$$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN**

Por el otro lado, si es **mayor al 20%**, se mantiene el caudal pero se disminuye el diámetro en el tramo de menor pérdida. El nuevo diámetro en m se determina con la siguiente expresión:

$$D_{nuevo} = D \times \left( \frac{\sum h_{nuevo}}{\sum h} \right)^{1/4,6}$$

En el caso que se transporten **gases o vapores** se aconseja recalcular el tramo que presenta la mayor pérdida de presión, manteniendo constante el caudal que circula por dicho conducto y aumentando el diámetro del mismo.



# MÉTODOS DE DISEÑO

## **MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO: RESUMEN**

6. A continuación del nudo considerado se conecta el tramo denominado **troncal**. El caudal que circula por el conducto troncal es la suma de los caudales que circulan por cada uno de los conductos que concurren al nudo; a partir de este dato las dimensiones y la pérdida de presión total se calculan siguiendo los pasos indicados en los puntos 1 y 2, usando la velocidad de transporte mínima. El **cálculo de la pérdida de presión total  $h_t$**  se realiza sumando las pérdidas del troncal, ya que al no estar dicho troncal conectado a una campana, no existen las pérdidas de entrada. Pero además se debe tener en cuenta la pérdida de presión producida cuando sea necesaria una aceleración de la corriente de aire en el troncal.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## EN TRAMOS RECTOS DE CONDUCTO

Las **pérdidas por fricción** a lo largo de un tramo recto de un conducto circular son directamente proporcionales a la longitud del conducto (**L**) y al cuadrado de la velocidad (**v**) del fluido, e inversamente proporcionales al diámetro (**D**) del conducto y a la gravedad (**g**). Por lo tanto, la pérdida se puede expresar mediante la **ecuación de Darcy Weisbach**:

$$h = \frac{f \times L \times v^2}{2 \times g \times D} \quad [m \text{ col aire}]$$

El término **f**, representa el factor de fricción que es función de la rugosidad y del número de Reynolds.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## EN TRAMOS RECTOS DE CONDUCTO

Debido a las velocidades que se manejan en los conductos de ventilación, el factor se hace independiente del número de Reynolds y solo depende de la rugosidad relativa, que es el cociente entre la rugosidad absoluta ( $\epsilon$ ), definida como la altura promedio de las rugosidades para un material dado, y el diámetro absoluto del conducto.

A continuación se visualiza una tabla con los valores de **rugosidad absoluta comunes**, pero los mismos pueden cambiar de un fabricante a otro.

<u>Material</u>	<u>Rugosidad absoluta (<math>\epsilon</math>), cm</u>
Chapa de hierro galvanizada	0,015
Acero y acero inoxidable	0,005
Aluminio	0,005
Conducto flexible (alma descubierta)	0,3
Conducto flexible (alma recubierta)	0,09
Conductos de plásticos	0,00015



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## EN TRAMOS RECTOS DE CONDUCTO

La **ecuación de Darcy-Weisbach** se expresa en unidades de metros de columna de aire. Si se desea expresarla en metros de columna de agua, la expresión sería:

$$h = \frac{f \times L}{D} \times \frac{v^2 \times \rho}{2 \times g \times \rho_{H_2O}} \quad \text{Donde } h_D = \frac{v^2 \times \rho}{2 \times g \times \rho_{H_2O}}$$

Si se reemplaza, se obtiene que la pérdida de presión estática en un tramo recto en unidades de metros de columna de agua:

$$h = \frac{f \times L}{D} \times h_D \rightarrow \text{El factor de fricción depende del número de Reynolds para cada tramo;}$$

$$Re = \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \rightarrow \text{Donde } \rho \text{ es la densidad del aire (1,2 kg/m}^3\text{) y } \mu \text{ es la viscosidad dinámica del}$$

aire (1,81x10<sup>-3</sup> kg/m.s).



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## EN TRAMOS RECTOS DE CONDUCTO

Una vez determinado el tipo de flujo, turbulento ( $Re > 2000$ ) y laminar ( $Re < 2000$ ), se determina el **factor de fricción**. En caso de ser laminar, se emplea la siguiente expresión:

$$f = \frac{64}{Re}$$

De lo contrario, se ingresa al **diagrama de Moody** con la rugosidad relativa ( $\epsilon/D$  cm) del material escogido y la intersección de la curva con la línea trazada desde la abscisa que se corresponde al número de Reynolds, se obtiene en el eje de coordenadas el factor de fricción. También es común el empleo de nomogramas.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

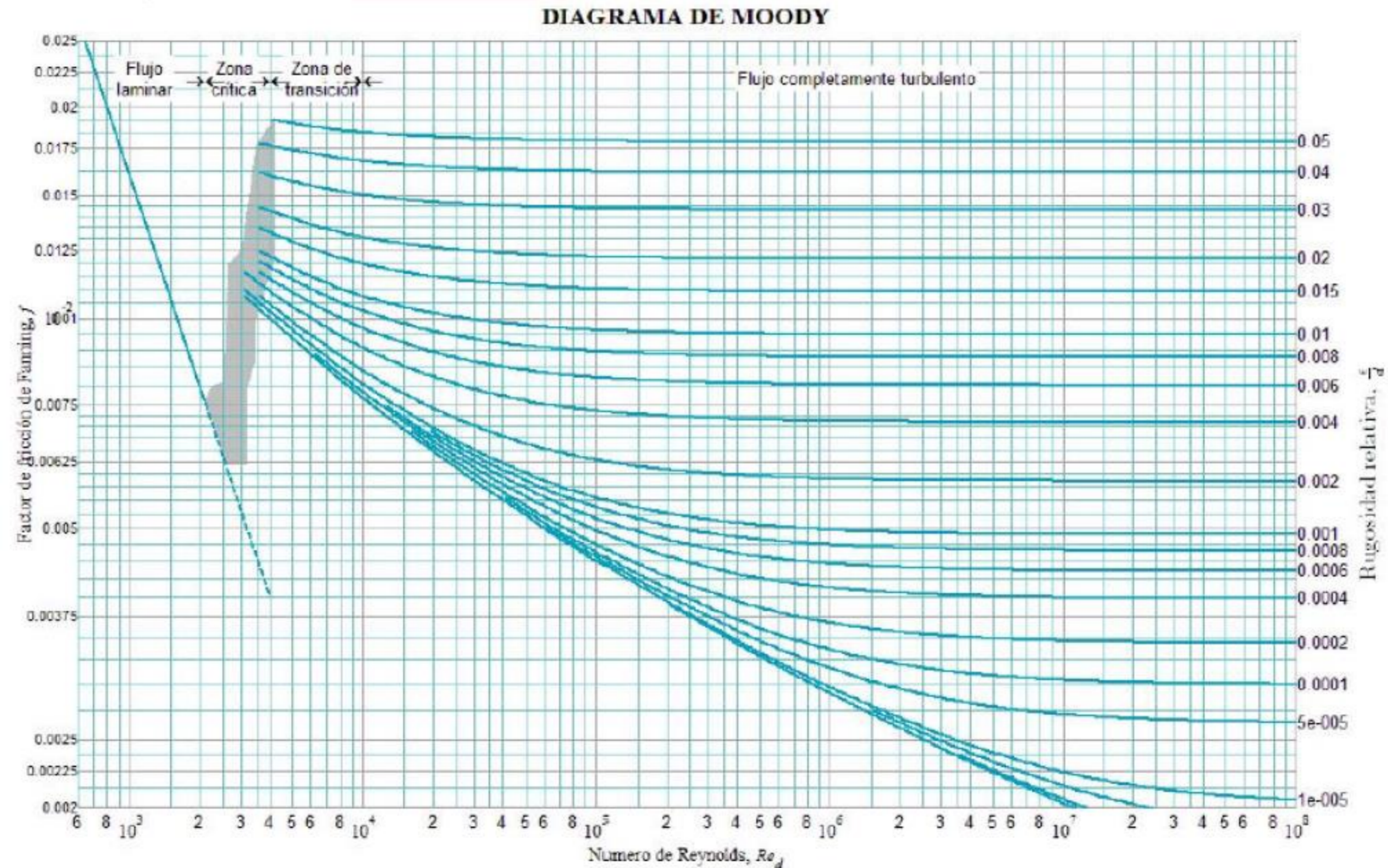


Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## EN TRAMOS RECTOS DE CONDUCTO



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## **PÉRDIDAS LOCALIZADAS POR ACCESORIOS**

Las pérdidas localizadas por accesorios se deben a las turbulencias producidas por los **cambios de dirección** (codos, empalmes) y los **cambios de sección** (estrechamientos o ensanchamientos de los conductos, transición de conductos circulares a rectangulares y viceversa, etc.).

Un método tradicional es por **longitud equivalente**, es decir, adoptar una longitud equivalente al accesorio. El mismo se determina mediante el empleo de tablas, se obtendría una longitud total que luego empleando la ecuación de Darcy-Weisbach se obtiene la pérdida por fricción total.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## **PÉRDIDAS POR ENTRADA**

Estas pérdidas representan las siguientes situaciones:

- ✓ Pérdida de altura de presión por **turbulencia en la campana**.
- ✓ Pérdidas de altura de presión por **turbulencia en las ranuras** que existen en el frente y/ o en el interior de la campana.
- ✓ Pérdida de altura de presión necesaria para la **aceleración del aire** desde la velocidad prácticamente nula en el frente de la campana, a la velocidad ( $v$ ) que se alcanza dentro del conducto conectado a la campana, y que resulta iguala la altura de presión dinámica ( $h_D$ ).



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## **PÉRDIDAS POR ENTRADA**

Se determinan mediante la siguiente expresión:

$$h_3 = k_{ent} \times h_D + k_r \times h_{D_{ran}} + h_{D_{ran}} + h_D$$

Donde,  $k_{ent}$  es un valor adimensional que representa el coeficiente de pérdida en la entrada de la campana,  $h_D$  es la presión dinámica debida a la velocidad en el conducto conectada a la campana (mmcda),  $k_r$  es el coeficiente de pérdida por ranura y  $h_{D_{ran}}$  es la presión dinámica debida a la velocidad que adquiere el aire al atravesar la ranura.

Cuando las campanas **no poseen ranuras** la expresión de cálculo es:

$$h_3 = (k_{ent} + 1) \times h_D$$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## **EQUILIBRIO EN EL NUDO**

Se plantea el balance dinámico en el nudo. Este balance permite calcular la altura de presión dinámica disponible a la salida del nudo, a partir de los caudales y de las alturas de presiones dinámicas de los conductos que concurren al mismo. Por lo tanto, el balance de potencia es:

$$Q_1 \times h_{D_1} + Q_2 \times h_{D_2} = (Q_1 + Q_2) \times h_{D_D}$$

Siendo  $h_{D_D}$  la altura de presión dinámica disponible a la salida del nudo y que depende de las magnitudes necesarias para alcanzar las velocidades en los puntos 1 y 2, en cada uno de los ramales.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

## **EQUILIBRIO EN EL NUDO**

Entonces, se deduce que la velocidad a la salida del nudo será:

$$h_{D_D} = \frac{Q_1 \times h_{D_1} + Q_2 \times h_{D_2}}{(Q_1 + Q_2)} = \frac{v^2}{16350 \text{ m/s}^2}$$

$$v = \sqrt{h_{D_D} \times 16350 \text{ m/s}^2}$$

Con la velocidad, se puede determinar el diámetro troncal y luego se procede de igual manera como si fuese un ramal, calculando sus pérdidas.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## **CAMPANA DE CAPTACIÓN**

Se denomina **campana de captación** o campana al elemento de ingreso del aire al sistema de conductos de ventilación. El término campana se usa en un sentido amplio, incluyendo cualquier abertura de succión independientemente de su forma o tamaño, que permite que el aire ingrese al sistema de conductos. La función esencial de la campana es, entonces, crear un flujo de aire que capture eficazmente al contaminante y lo transporte hacia ella.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## **CAMPANA DE CAPTACIÓN**

### EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

INERCIA. Los gases y vapores no presentan una inercia significativa. Lo mismo ocurre con las partículas pequeñas de polvo, de diámetro igual o inferior a 20 micrómetros (que incluye los polvos respirables). Este tipo de materiales se mueve si lo hace el aire que les rodea. En este caso, la campana debe generar una velocidad de control o captura suficiente para controlar el movimiento del aire que arrastra a los contaminantes y, al mismo tiempo, vencer el efecto de las corrientes de aire producidas en el local por otras causas como movimiento de personas, de vehículos, corrientes convectivas, etc.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## **CAMPANA DE CAPTACIÓN**

### EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

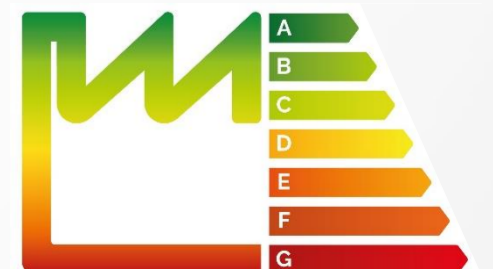
DENSIDAD. Con frecuencia la ubicación de las campanas se decide, erróneamente, sobre la base de suponer que los contaminantes químicos son “más pesados “ que el aire. En la mayor parte de las aplicaciones relacionadas con los riesgos para la salud, este criterio es de poco valor. Las partículas de polvo, los vapores y los gases que pueden representar un riesgo para la salud tienen un comportamiento similar al aire, y no se mueven apreciablemente hacia arriba o hacia abajo a causa de densidad propia, sino que son arrastradas por las corrientes de aire. Por lo tanto, el movimiento habitual del aire asegura una dispersión uniforme de los contaminantes.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## **CAMPANA DE CAPTACIÓN**

**CAMPANAS DE PROCESOS CONFINADOS.** Son campanas que encierran, de la forma más completa posible, a los procesos contaminantes que deben controlar. Los confinamientos no son herméticos pues existen aberturas para la entrada o salida de materiales, aberturas de observación, fisuras en los cerramientos, etc., por lo que es necesaria la extracción del aire para el control de la dispersión de los contaminantes.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## **CAMPANA DE CAPTACIÓN**

Si se considera la velocidad con que el aire pasa a través de las aberturas que presenta el cerramiento, y se la denomina velocidad sobre las aberturas  $v_{AB}$ . El área total de aberturas, que se obtiene sumando todas las aberturas parciales que presenta el cerramiento, se denomina  $A_{TAB}$ . El caudal volumétrico de aspiración será:

$$Q = v_{AB} \times A_{TAB}$$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## **CAMPANA DE CAPTACIÓN**

Las velocidades sobre las aberturas deben tener magnitudes tales, que superen a las velocidades de escape inducidas por los procesos ubicados dentro de los cerramientos. En la tabla presentada en el principio del apartado, **se recomiendan velocidades de aspiración dependiendo del tipo de contaminante generado** en el o los procesos.

Este tipo de campanas es el más eficiente porque maneja el menor caudal de aire para lograr el control de la dispersión de los contaminantes.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## CABINAS

Las **cabinas** son recintos que presentan un frente total o parcialmente abierto para acceso. El proceso contaminante se realiza en su interior. Se extrae un caudal de aire suficiente para inducir en el frente de la cabina, una velocidad promedio denominada **velocidad aspiración** ( $v_0$ ), que en general basta para superar la tendencia al escape del aire contaminando.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## CABINAS

La velocidad en el frente de la cabina es función del proceso a controlar, que determina las condiciones de dispersión de los contaminantes, de la toxicidad de estos últimos y la magnitud de las velocidades de las corrientes del local.

El caudal a aspirar será:

$$Q = v_a \times A_f$$

Donde  $A_f$  es el área del frente abierto máximo de la cabina y que es iguala:  $A_f = h \times l$ . Siendo  $l$  el largo y  $h$  la altura. Este tipo de disposición es muy eficiente. Las paredes de la cabina no sólo reducen la magnitud del caudal a extraer, sino que actúan como pantallas que evitan los efectos adversos directos de las corrientes erráticas del local.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

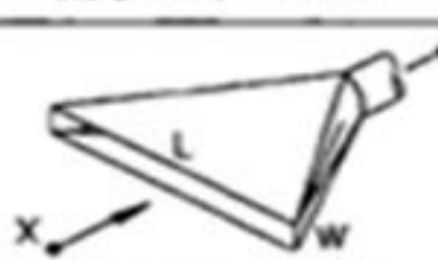
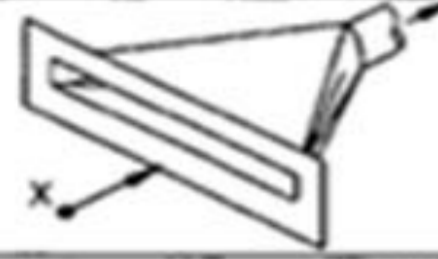


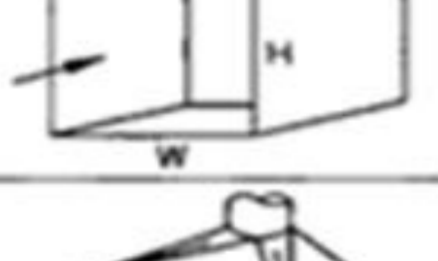



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## CABINAS

TIPO DE CAMPANA	DESCRIPCIÓN	FACTOR DE FORMA W/L	CAUDAL
	RENDAJA	0,2 Ó MENOS	$Q = 3,7 LVX$
	RENDAJA CON PESTAÑA	0,2 Ó MENOS	$Q = 2,6 LVX$
	CAMPANA SIMPLE	0,20 Ó SUPERIOR Y CIRCULAR	$Q = V(10X^2 + A)$
	CAMPANA SIMPLE CON PESTAÑA	0,2 Ó SUPERIOR Y CIRCULAR	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$
	CABINA	ADAPTADA A LA OPERACIÓN	$Q = VA = VWH$
	CAMPANA ELEVADA	ADAPTADA A LA OPERACIÓN	$Q = 1,4 PVH$ VER VS-903 P = PERÍMETRO H = ALTURA SOBRE LA OPERACIÓN

En las siguientes imágenes se detallan las diferentes campanas.

Donde:

x distancia de captación [m]

v velocidad adoptada [m/s]

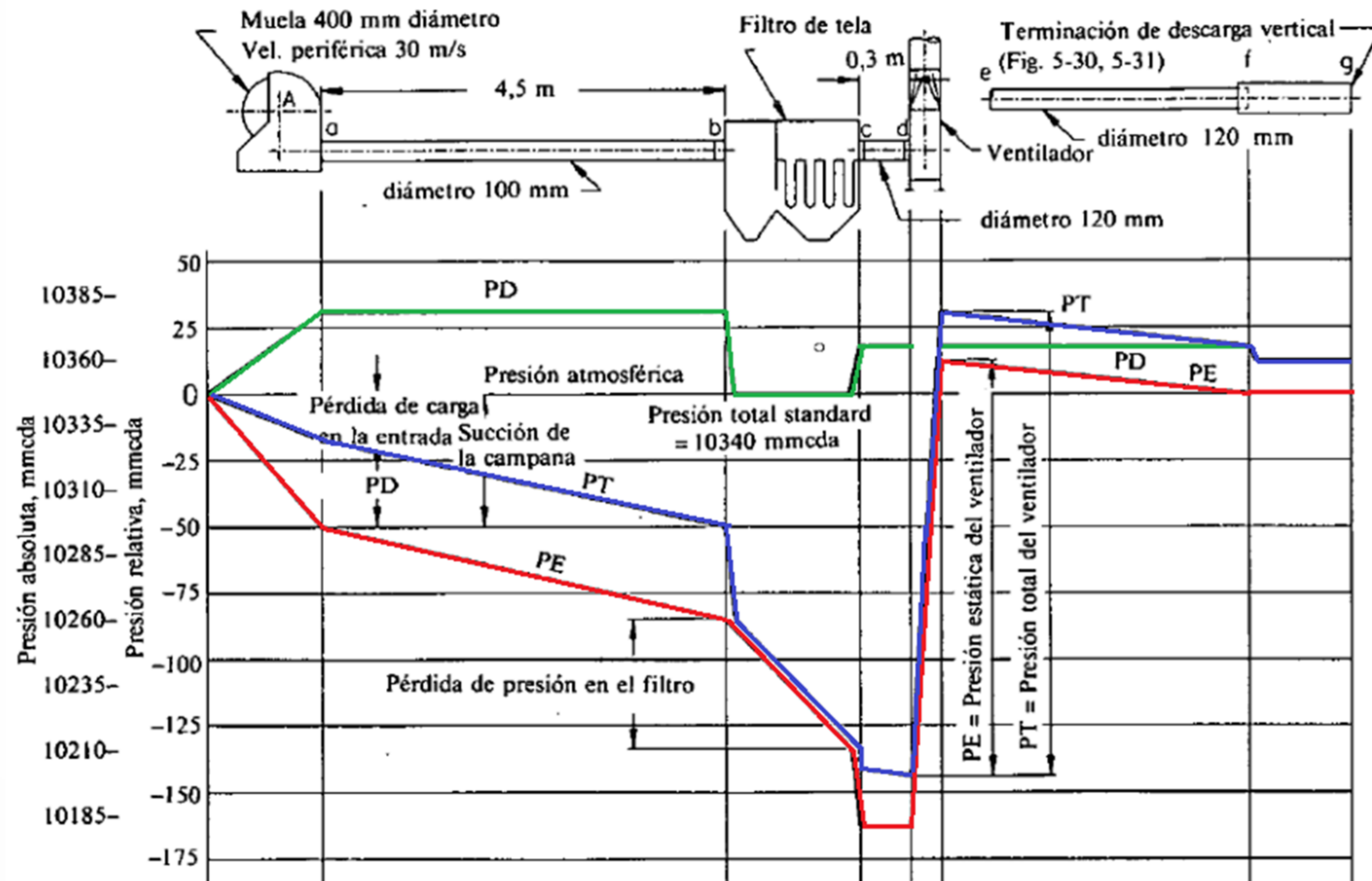
A sección de la campana [m<sup>2</sup>]

W ancho [m]

L largo [m]

# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## EJEMPLO DE CÁLCULO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE POLVOS (MUELA ABRASIVA)



# CÁLCULO DE CAMPANA Y CABINA

## EJEMPLO DE CÁLCULO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE POLVOS (MUELA ABRASIVA)

Tramo	Simb&Form	Unid	a-b	b-c	c-d	e-f	Manual
Caudal	Gv	m3/s	0.18	0.18	0.18	0.18	Pag:297
Velocidad MinTransporte	Vt	m/s	23.00				Pag:297
Diametro Conducto	D	mm	100.00		120.00	120.00	
Sección Conducto	$S=\pi*(D/1000)^2/4$	m2	0.01		0.01	0.01	
Velocidad Real Conducto	$Vr=Gv/S$	m/s	22.93		15.92	15.92	
Presión Dinámica	$h=(Vr/4,043)^2$	mmCA	32.17		15.51	15.51	Pag:17
Factor Pérdida Entrada	he		0.65		0.49		Pag:127
Factor de Aceleración	fd		1.00		1.00		Pag:127
Pérdida Entrada PD	$Pe=he+fa$		1.65		1.49		
Pérdida Entrada	$Pt=h*Pe$		53.07		23.11		
Otras Pérdidas	Po	mmCA		50.00			
Succión en Campana	$Pc=Pt+Po$	mmCA	53.07	50.00	23.11		
Longitud Cond.Recto	L	m	4.50		0.30	3.00	Pag:103
Factor de Pérdidas	$Hf=27,8/Gv^0,079/D^1,$		0.23		0.19	0.19	Pag:130
Pérdidas en PD	$Ppd=L*Hf$		1.06		0.06	0.58	
Nº Codos 90°	Nco						
Perdidas Codos en PD	Pco						
Nº Uniones	Nun						
Perdidas Uniones en PD	Pun						
Pérdidas en Tramo en PD	$Ptr=Ppd+Pco+Pun$		1.06		0.06	0.58	
Pérdidas en Tramo	$Ptrt=h*Ptr$	mmCA	34.00		0.90	9.00	
Pérdidas PE en Tramo	$Ptre=Pc+Ptrt$	mmCA	87.07	50.00	24.01	9.00	
PE Acumuladas	Pea	mmCA	87.07	137.07	161		



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# VENTILADOR CENTRÍFUGO

## SELECCIÓN

DATOS TÉCNICOS				TECHNICAL DATA				
Series Series	Modelo Model	Carcasa motor frame	Motor C.V.	R.P.M.	Caudal Air volume m3/min.	Presión Pressure mm c. a.	Transmisión Transmission	
RG RH	RA-120	-	0.18	2810	9	38	-	
	RA-150	-	0.2	1376	10	14	-	
	RA-250	80	0.75	1420	25 40	40 30	T20	
	RG-330	80	1	1400	60	25	T20	
	RG-450	100 L	3	1420	100 140	67 50	T30	
	RH-200	71	0,33	2800	10	24	T20	
	RH-250	80	1	2820	20	60	T20	
	Pantalla abierta RADIAL	RH-330	90 L	3	2830	28	170	T30
			100 L	4	2830	40 50 64	145 125 80	T30
	RADIAL open screen	RH-450	90 L	2	1430	50 70	80 60	T30
		RG-600	160M	15	1420	250 320	110 80	T40
		RH-600	132M	12.5	1430	150 200	130 90	T40

# VENTILADOR CENTRÍFUGO

## *VENTILADOR CENTRÍFUGO ADOPTADO*



En un catálogo comercial nacional encontramos este modelo que excede las necesidades siendo, del catálogo el que más se ajusta a nuestros valores requeridos de selección.

Valores requeridos:

Presión : 161 mm.c.a.

Caudal: 0,18 m<sup>3</sup>/seg = 11m<sup>3</sup>/min

El ventilador más cercano de catálogo nos provee :

Caudal : 28 m<sup>3</sup>/min

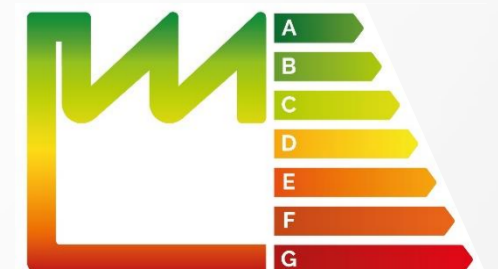
Presión : 170 mm.c.a.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# EJEMPLOS

## *FILTROS DE AIRE EN LA TOMA DEL VENTILADOR*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# EJEMPLOS

## **ENSAMBLADO DE VENTILADOR**



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# EJEMPLOS

## *SISTEMA DE MOVIMIENTO DE AIRE PARA EL SECADO DE HARINA*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

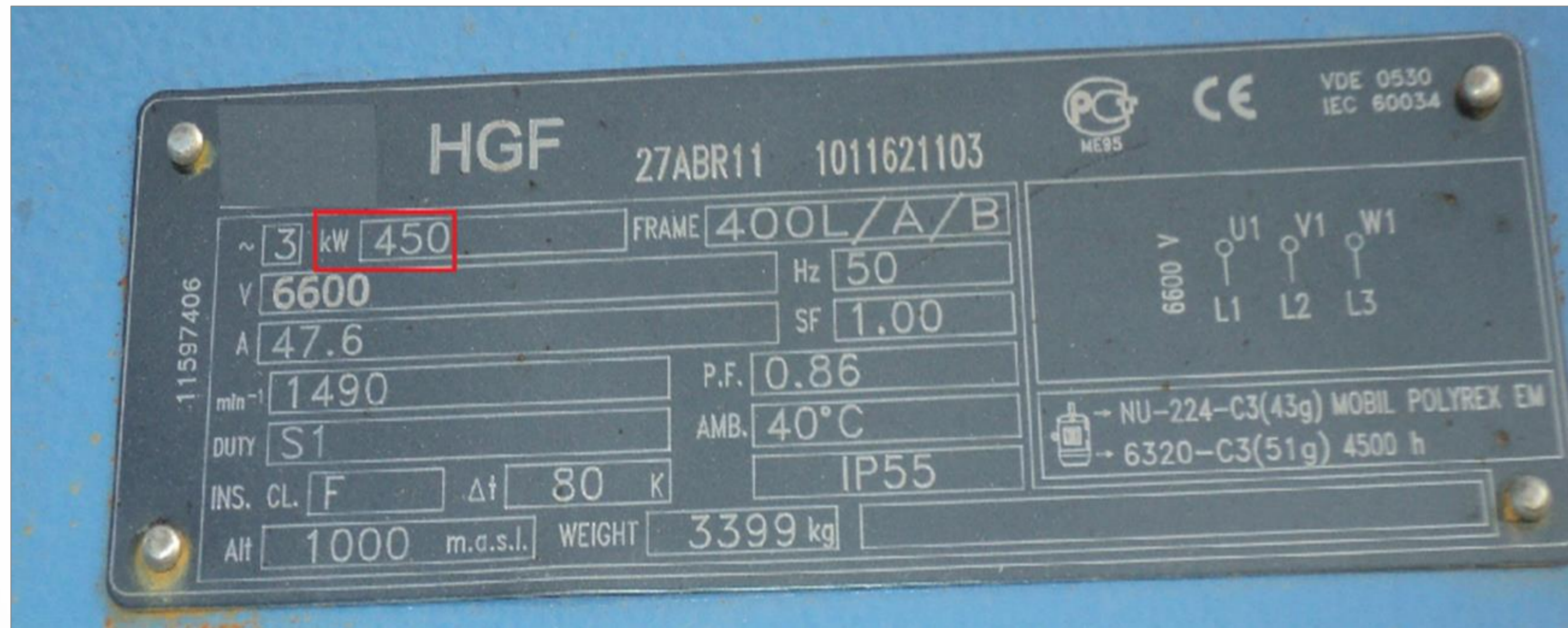


Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# EJEMPLOS

## PLACA CARACTERÍSTICA DE MOTORES ELÉCTRICOS



# EJEMPLOS

## *SISTEMA DE CAPTACIÓN DE POLVOS EN PLATAFORMAS VOLCADORAS CAMIONES*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# EJEMPLOS

## *SISTEMAS DE ASPIRACIÓN*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## **DEFINICIÓN**

Son equipos para **renovación** de aire industrial, su **filtrado**, **calefacción** y **refrigeración** según necesidad del proceso fabril.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## CONJUNTO UTA DURANTE EL MONTAJE



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## *INTERCAMBIADOR Y PANEL SOPORTE DE FILTROS DE AIRE*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## *PLENUM DE SUCCIÓN - FILTROS MONTADOS*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

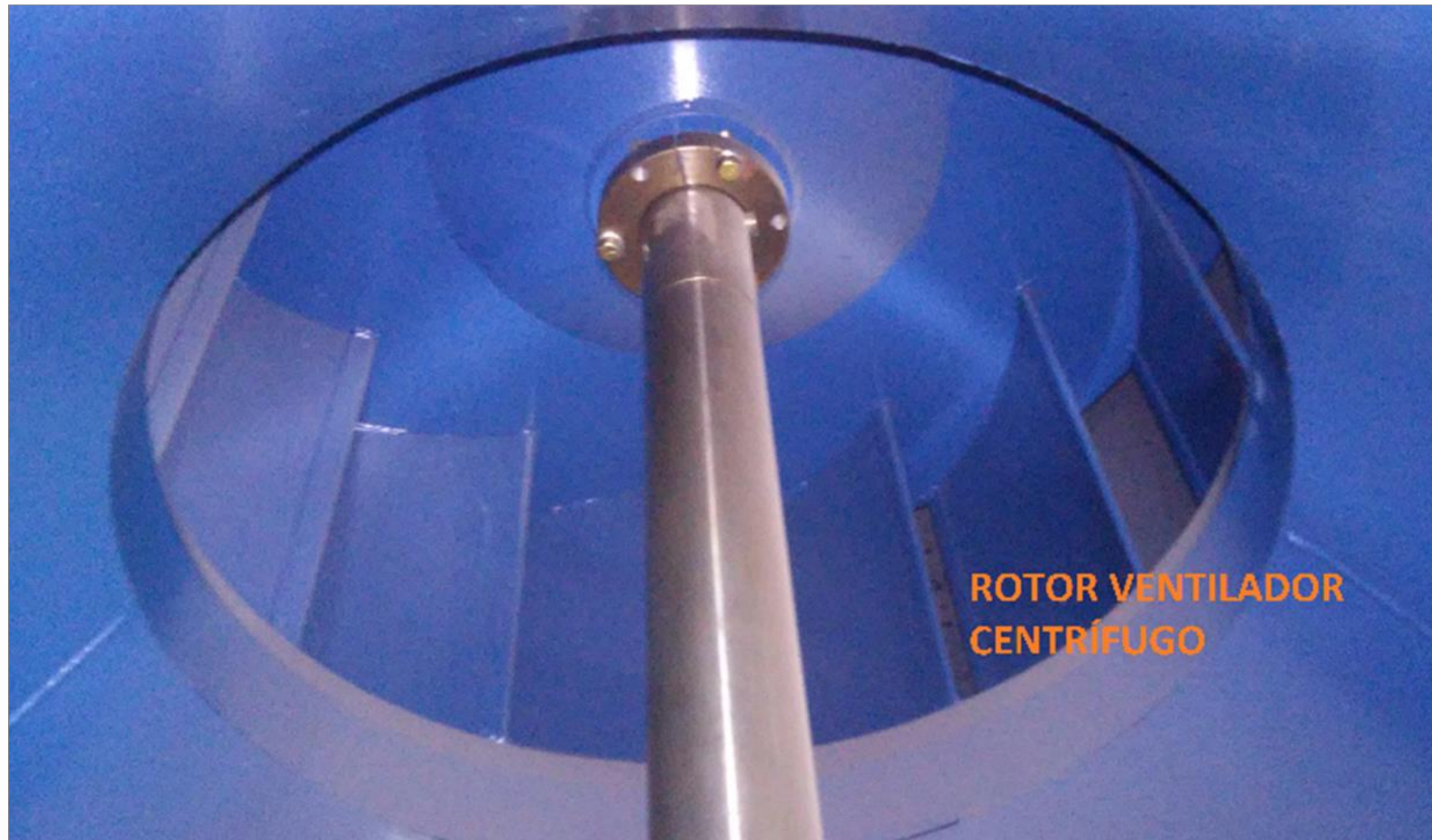


Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

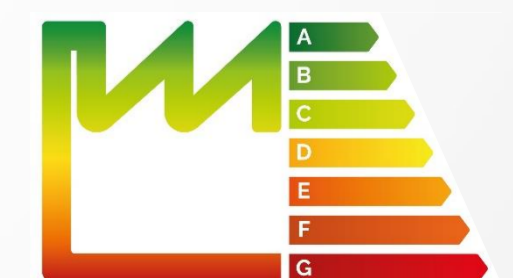
## *ROTOR VENTILADOR CENTRÍFUGO*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## DATOS TÉCNICOS

UD. DE TRATAMIENTO DE AIRE - HVAC UNIT	
MODELO: MODEL :	AHU-50.1
CAUDAL DE AIRE: AIR FLOW:	50.400 m <sup>3</sup> /h
CAPACIDAD FRIGORIFICA TOTAL: TOTAL COOLING CAPACITY:	225.000 Frig/h
CAPACIDAD CALORIFICA TOTAL: HEATING CAPACITY:	Cal/h
VENTILADOR MOD./TAMAÑO: FAN MODEL/SIZE:	DADE - 363/0.9 -II
MOTOR ELECTRICO: 3x380V-50Hz ELECTRIC MOTOR: IE2	IP-55 25/4 CV/N° P
UTA N°	AHU #5
COMITENTE	
AÑO CONST.	07/2015

INDUSTRIA ARGENTINA

# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

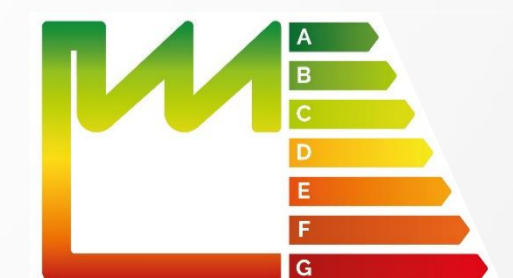
## *DUCTOS DE DISTRIBUCIÓN*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## *DERIVACIÓN DUCTO*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## *CONDUCTO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN*



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



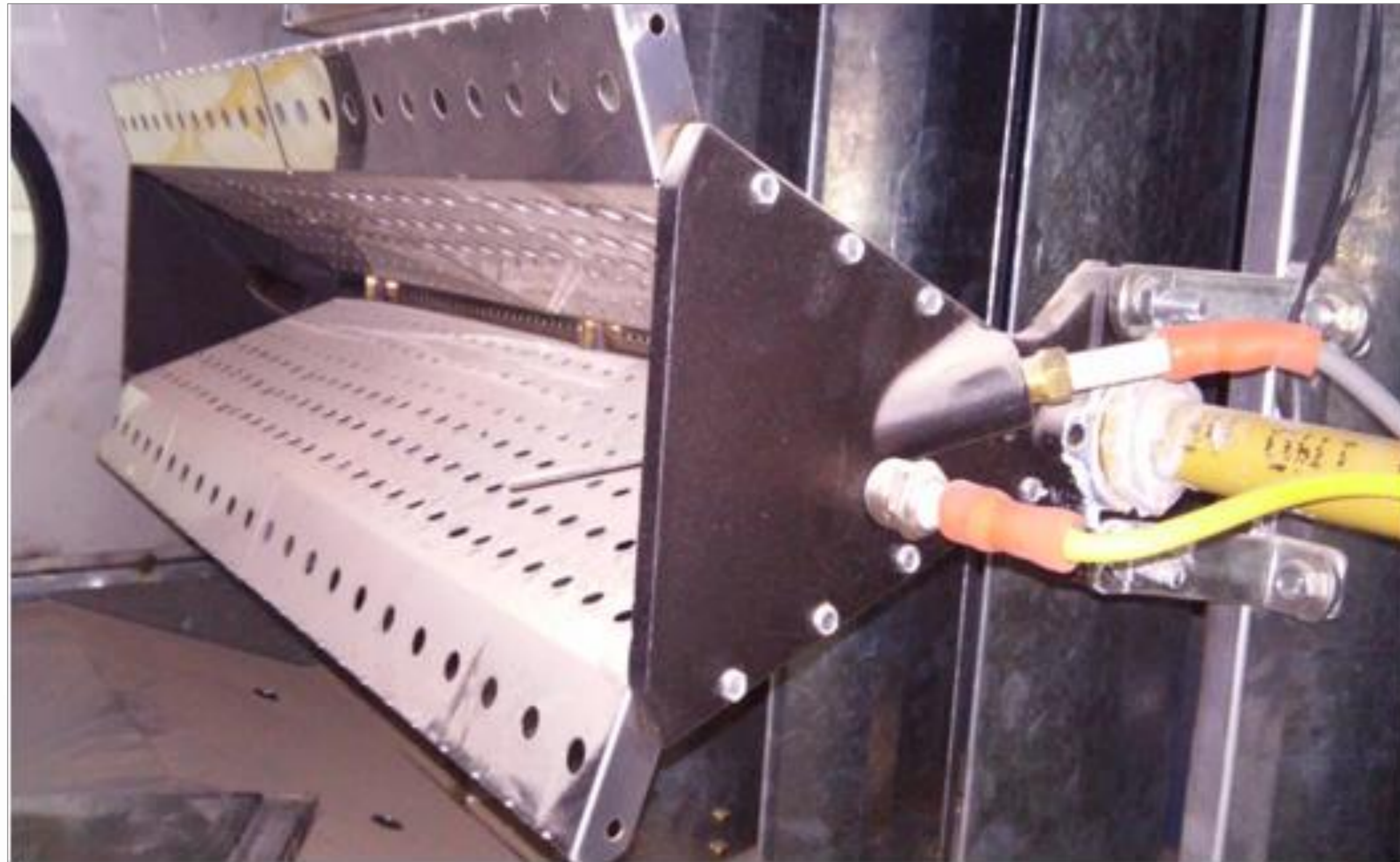
# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## CALEFACCIÓN - TABLERO



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

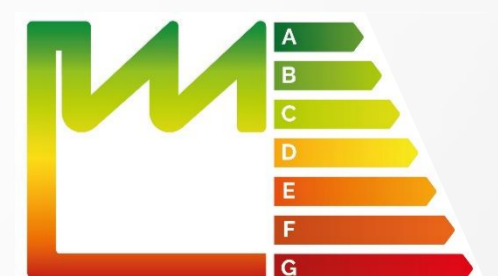
## CALEFACCIÓN - QUEMADOR DE GAS NATURAL



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

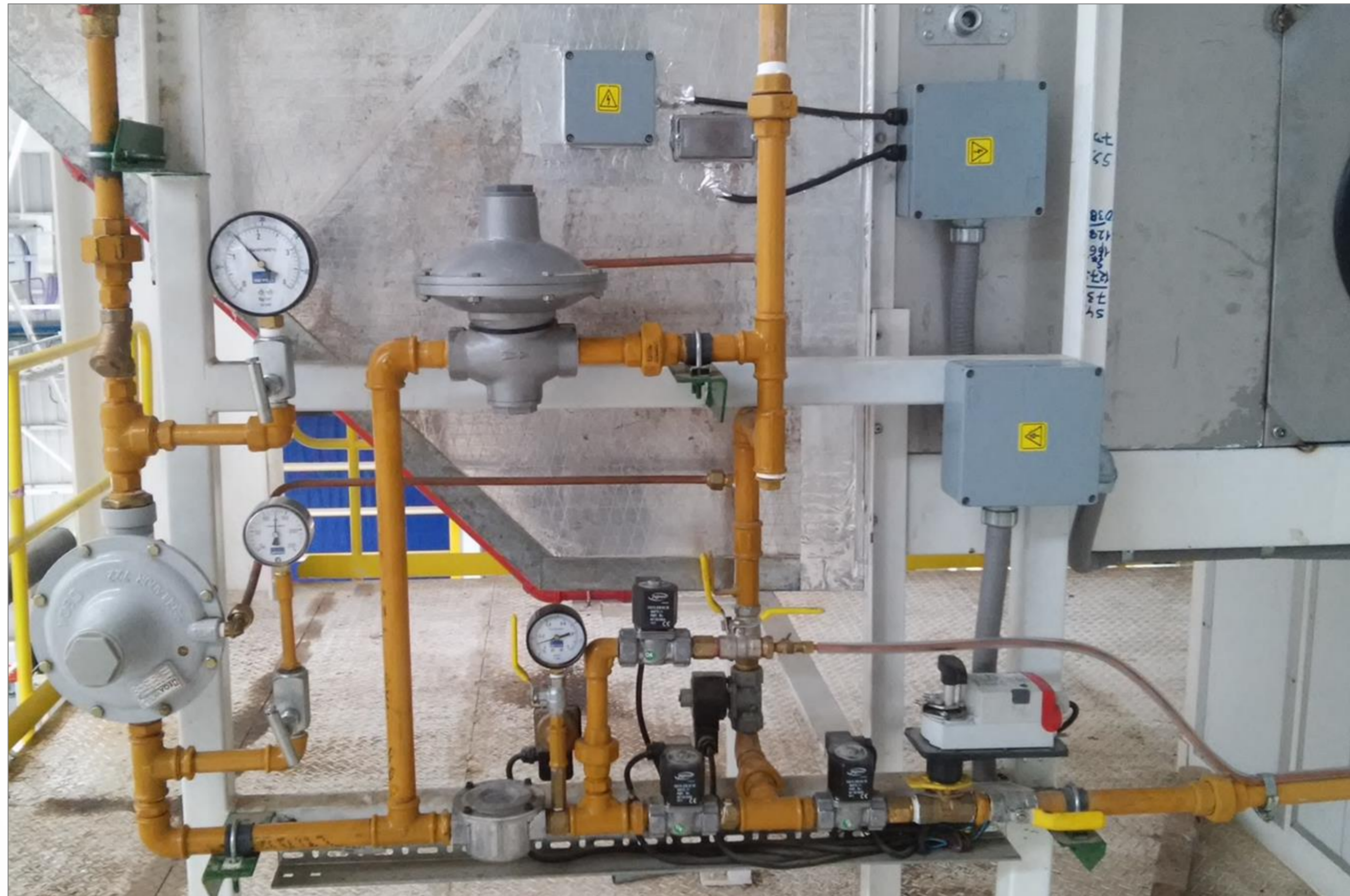


Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## CALEFACCIÓN - MANIFOLD DE GAS A QUEMADOR



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

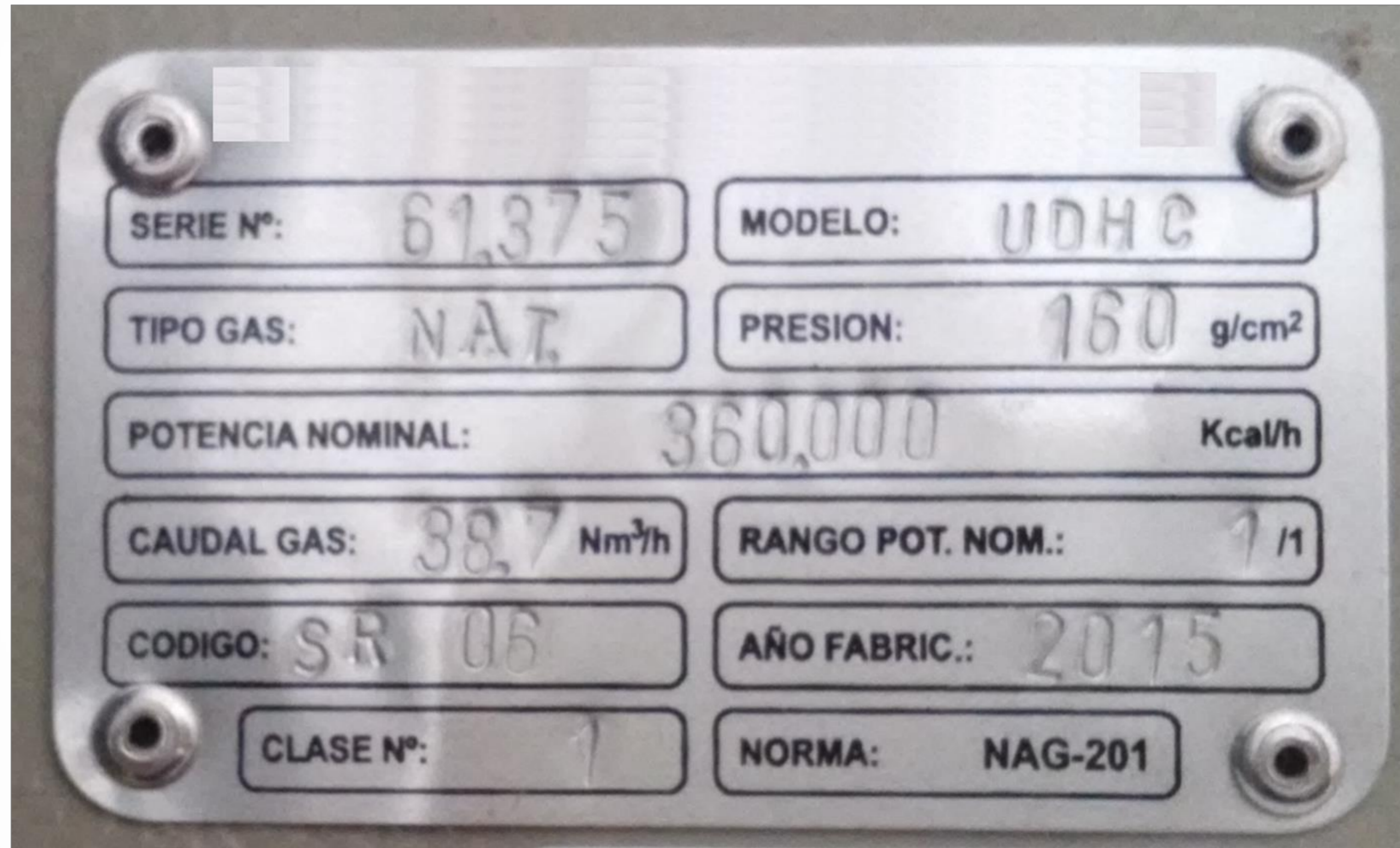


Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## CALEFACCIÓN - PLACA POTENCIA TÉRMICA



# UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE UTAs

## CALEFACCIÓN

EXTRA COSTO. Para un sistema que calefacción a 50.000 m<sup>3</sup>/h de aire industrial cuya temperatura del local se fijó en 24 °C, el hecho de aumentarle 1°C la temperatura de trabajo implica un notable extra costo energético diario. Calculando tenemos:

$$Q = m \times \delta \times C_p \times (T_2 - T_1) = 50.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,2 \text{ Kg}/\text{m}^3 \cdot 0,24 \text{ Kcal}/\text{Kg} \text{ }^\circ\text{K} (1^\circ\text{K}) = 14.515 \text{ Kcal}/\text{h}$$

Para gas natural de PCI= 8300 Kcal/Nm<sup>3</sup> representa:

$$14.515 \text{ Kcal}/\text{h} / 8300 \text{ Kcal}/\text{Nm}^3 = 1,74 \text{ Nm}^3 \text{ de gas}/\text{h}$$

Son 10 UTAs y trabajan 24 h/día el consumo extra de energía será:

$$\text{CONSUMO EXTRA: } 1,74 \text{ Nm}^3 \times 10 \text{ UTAs} \times 24 \text{ hs} = 417 \text{ Nm}^3 \text{ Gas}/\text{día}$$



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CONCLUSIONES

## **TÓPICOS A CONSIDERAR EN VENTILACIÓN**

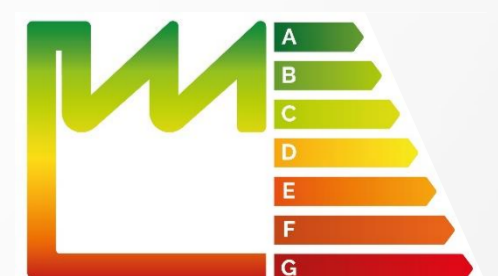
1. **Incorrecto dimensionamiento de los ductos** (Las prestaciones no están calculadas acorde a la necesidad del sistema o la planta). El consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión total de trabajo  $P_t$ , de no cuidar el diseño de los ductos (pérdidas de carga) en muchos casos se puede estar consumiendo hasta un 50% más de energía de lo necesario. Calcular por Darcy, considerando Reynolds. Habitualmente se usan nomogramas.
2. **No exceder las velocidades recomendadas** por ruido y excesivo incremento de potencia consumida.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# CONCLUSIONES

## **TÓPICOS A CONSIDERAR EN VENTILACIÓN**

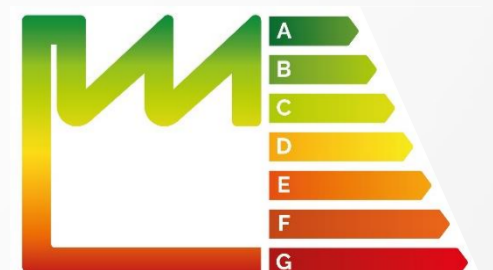
- 3. Alturas de captación excesiva** (La distancia de captación de partículas eleva el consumo de potencia y el mayor dimensionamiento de las secciones y equipos). No resulta simple de valorizar ya que ello obliga a manejar caudales mayores y por ende más potencia.
- 4. Dimensionamiento o tipo de filtros.** La incorrecta elección de filtros por sus características y dimensiones son causantes de mayores potencias consumidas, como así también la falta de limpieza de los mismos. Deben observarse durante la operación los indicadores de presión diferenciales de los filtros evitando así alcanzar los valores máximos recomendados.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# CONCLUSIONES

## **TÓPICOS A CONSIDERAR EN VENTILACIÓN**

- 5. Elección del ventilador** (El incorrecto dimensionamiento y tipo de ventilador, genera deficientes prestaciones, problemas logísticos de mantenimiento de los mismos y consumo de potencia o rendimiento). Hay que asegurarse que las curvas características del ventilador estén garantizadas por el fabricante y que el ventilador funciona en la zona óptima de rendimiento.
- 6. Las infiltraciones de aire de ventilación.** El deficiente sellado del recinto de ventilación o climatización trae como consecuencia el ingreso de aire no deseado que producirá desbalances y en algunos casos bloqueos de las unidades intercambiadoras. Esto se traduce en mayores costos de energía para refrigeración.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **INTRODUCCIÓN**

El filtrado de aire en los sistemas de ventilación y aire acondicionado es importante, sobre todo: en instalaciones medicinales, farmacéuticas, nucleares y electrónicas. Haremos una concisa introducción a su tecnología y al conocimiento de algunas de sus normas.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de ventilación y aire acondicionado donde el aire es impulsado, **deben eliminar los componentes contaminantes** con dispositivos de eliminación de las partículas de polvo, polen y bacterias que se originan en forma natural o por la contaminación humana. Es posible que en algunos casos se deban eliminar gases cuyo olor es desagradable o su composición sea contaminante.

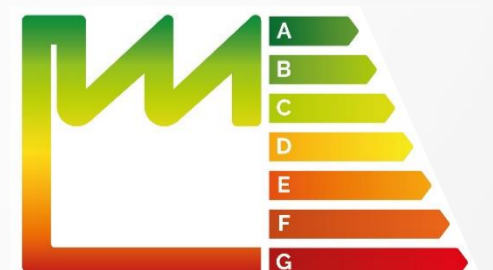
Si bien existen exigencias mínimas de filtrado, la eficiencia necesaria del filtrado es determinada por la naturaleza del área a ser acondicionada.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **POLVO**

Partículas finas de sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión en la atmósfera. Incluye fibras animales y vegetales, polen, sílice, bacterias y moho.

En las ciudades, el polvo atmosférico contiene un gran número de partículas de humo y de hollín. En una ciudad industrial, la concentración de partículas en el aire puede superar los tres millones por centímetro cúbico, mientras que en el medio del océano o en montañas altas puede ser de unos pocos centenares de miles por centímetro cúbico.

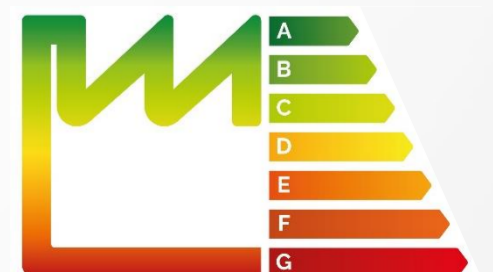
Las partículas de polvo tienen un tamaño que varía desde el medio micrón hasta muchas veces esa dimensión. Se mantienen suspendidas en el aire durante largos periodos y pueden ser transportadas a grandes distancia.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **AEROSOL**

En ingeniería ambiental, se denomina **aerosol** a una mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. El tamaño de las partículas puede ser desde 0,002 micrones a más de 100, esto es, desde unas pocas moléculas hasta el tamaño en que no puedan permanecer suspendidas en el aire.

La generación de aerosoles puede ser de origen natural o debido a la actividad humana. Algunas partículas de origen natural, proceden de volcanes, de tormentas de polvo, de los incendios forestales, de la quema de pastizales, y de la pulverización de agua marina. Las actividades humanas, como la quema de combustibles y la alteración de la superficie terrestre generan aerosoles.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **AEROSOLES**

A fin de concebir el campo de tamaños de las partículas, se puede mencionar que:

- ✓ Las partículas consideradas macroscópicas (visibles al ojo humano) tienen un tamaño igual o superior a 10 micrones.
- ✓ Las partículas sólidas del humo de cigarrillos tienen un tamaño entre 0,01 y 1 micrón.
- ✓ El tamaño de las bacterias está entre 0,3 y 40 micrones.
- ✓ El tamaño del talco cosmético está entre 0,5 y 50 micrones.
- ✓ El tamaño de las cenizas está entre 1 y 50 micrones.
- ✓ El espesor de un cabello humano esta entres 30 y 400 micrones.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **DEFINICIÓN FILTRO DE AIRE**

Un filtro de aire es un dispositivo que elimina partículas de polvo, polen y bacterias del aire. Los filtros de aire encuentran son utilizados donde la calidad del aire es de relevancia, especialmente en los sistemas de ventilación de edificios. Para el filtrado de aire en instalaciones de ventilación y aire acondicionado, hay cuatro tipos de materiales básicos usados para los filtros de aire mecánicos: papel, espuma, fibras sintéticas y algodón.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **EFICIENCIA**

La eficiencia es un valor que permite evaluar cuanto polvo contenido en el aire que atraviesa al filtro es retenido y cuanto lo atraviesa. Por ejemplo una eficiencia del 80 % indica que el filtro durante su funcionamiento deja pasar al lado del aire limpio el 20 % del polvo que filtra ya que el 80 % es retenido. La eficacia de los filtros de aire influye significativamente en la calidad del aire interior del recinto acondicionado.

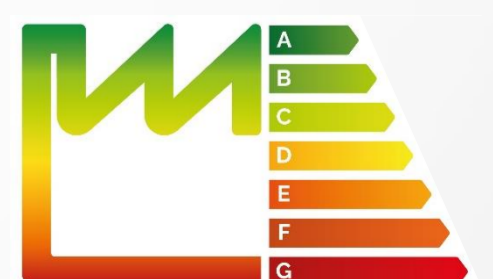
La eficiencia de un filtro queda establecida por el tipo de prueba al que es sometido y a la norma bajo la cual se mide la eficiencia.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **EFICIENCIA - TIPOS DE PRUEBA**

Son tres las pruebas utilizadas para determinar la eficiencia de los filtros de aire.

1. PRUEBA DE RETENCIÓN (ARRESTANCIA): Esta prueba determina únicamente el porcentaje en peso que retiene el filtro del total del polvo que es contenido en el aire que atraviesa el filtro. Por ejemplo: un filtro con 90 % de “arrestancia” (retención) significa que el 90% del peso del polvo es retenido por el filtro.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **EFICIENCIA - TIPOS DE PRUEBA**

2. PRUEBA DE MANCHA: En esta prueba se mide la opacidad relativa entre lo sucio resultante sobre un blanco colocado en el lado del aire limpio y otro colocado en el lado del aire sucio. La eficiencia es un valor correspondiente al porcentaje de disminución de la transmisión de la luz relativa entre ambos blancos. Este ensayo está basado en el método de prueba ASHRAE\* 52.1-1999 (\*ASHRAE (Siglas en inglés de Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado)).



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **EFICIENCIA - TIPOS DE PRUEBA**

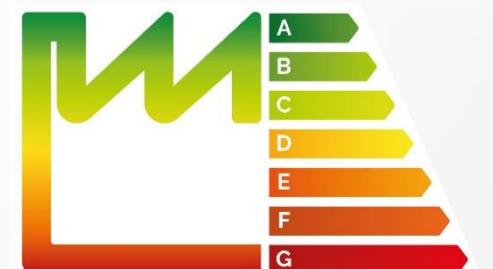
3. PRUEBA D.O.P.: Esta prueba consiste en dejar evaporar en un flujo de aire, no contaminado, la sustancia Di-Octanil-Phtalato (sustancia que al ser calentada emana partículas uniformes de 0,3 micrones). El filtro es sometido al flujo del aire contaminado con D.O.P. y la eficiencia se determina por la medición de la reflexión de la luz causada por el contenido remanente de D.O.P. en el lado del aire limpio.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **EFICIENCIA - TIPOS DE PRUEBA**

Comparativamente, se puede resumir la diferencia y el concepto de las pruebas de la siguiente forma: La retención (Arrestancia) de un filtro es una medida independiente del tipo de polvo que se desea filtrar. La prueba de mancha depende exclusivamente del tipo de polvo al que se someta el filtro. La prueba D.O.P. generaliza el tipo y tamaño de las partículas contaminantes.

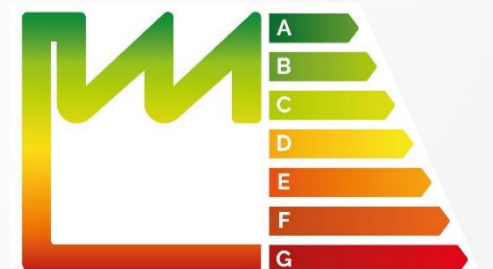
En forma aproximada se podría afirmar que “Arrestancia” es una eficiencia en peso del contaminante. La “prueba de mancha” es un ensayo del volumen del contaminante, y “D.O.P. es una prueba exclusivamente por el conteo de las partículas contaminantes.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA**

Si bien existen otras normas, las más utilizadas son las normas EN 779 y EN 1822 Europeas y la norma 52.2 de ASHRAE.

Las norma EN 779 y EN 1822 designan los filtros mediante letras y números:

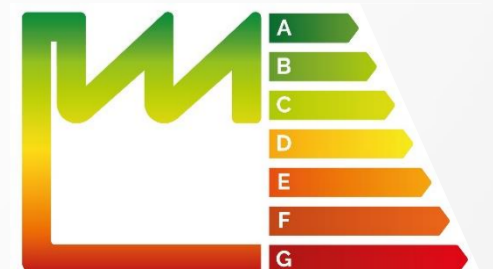
- ✓ G1, G2, G3 y G4 Para los filtros de paso de polvo grueso
- ✓ F5, F6, F7, F8 y F9 para los filtros de paso de polvo fino.
- ✓ H10, H11, H12, H13 y H14 para los filtros de alta eficiencia.
- ✓ U15, U15 y U17 para los filtros de ultra alta eficiencia.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

SEGÚN LAS NORMAS EN 779 y EN 1822.

NORMA	CLASE	RETENCIÓN MEDIA (Arrestancia)	EFICIENCIA MEDIA (Prueba de mancha)	EFICIENCIA (Prueba D.O.P)
EN 779	G1 G2 G3 G4	Menor que 65 % Entre 65 y 80 % Entre 80 y 90 % Mayor que 90 %		
EN779	F5 F6 F7 F8 F9		Entre 40 y 60 % Entre 60 y 80 % Entre 80 y 90 % Entre 90 y 95 % Mayor que 95 %	
EN 1822 HEPA** 0,3 μ	H10 H11 H12 H13 H14			Mayor que 85 % Mayor que 95 % Mayor que 99,5 % Mayor que 99,95 % Mayor que 99,995 %
EN 1822 ULPA *** 0,12 μ	U15 U16 U17			Mayor que 99,9995 % Mayor que 99,99995 % Mayor que 99,999995 %

\*\* HEPA – High Efficiency Particle Air)    \*\*\* ULPA – Ultra Low Penetration Air)



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## ***CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA***

SEGÚN LA NORMAS ASHRAE 52.2. Esta norma establece la clasificación “MER” (Minimum Efficiency Reporting) - Mínima Eficiencia), clasificación que establece tres amplios grupos, según el tamaño de las partículas:

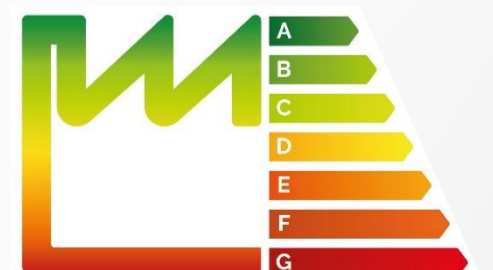
- ✓ E1: de 0,3 a 1,0 micrones
- ✓ E2: de 1,0 a 3,0 micrones
- ✓ E3: de 3,0 a 10 micrones



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

SEGÚN LA NORMAS ASHRAE 52.2.

Clasificación MER	E1 0,3 – 1,0 $\mu$	E1 1,0 – 3,0 $\mu$	E3 3,0 – 10 $\mu$	RETENCIÓN PROMEDIO (Arrestancia)
MER 1 MER 2 MER 3 MER 4	--	--	Menor que 20% Menor que 20% Menor que 20% Menor que 20%	Menor que 65 % Entre 65 y 69,9% Entre 70 y 74,9% Mayor que 75 %
MER 5 MER 6 MER 7 MER 8	--	--	Entre 20 y 34,9 % Entre 35 y 49,9 % Entre 50 y 69,9 % Entre 70 y 84,9 %	--
MER 9 MER 10 MER 11 MER 12	--	-- Entre 50 y 64,9 % Entre 65 y 79,9 % Entre 80 y 89,9%	Mayor que 85 % Mayor que 85 % Mayor que 85 % Mayor que 90 %	--
MER 13 MER 14 MER 15 MER 16 MER 17 MER 18 MER 19	-- Entre 75 y 84,5 % Entre 85 y 94,9 % 95 % o Mayor Mayor 99,97% Mayor 99,99 % Mayor 99,999 %	90 % o Mayor 90 % o Mayor 90 % o Mayor 95 % o Mayor -- -- --	90 % o Mayor 90 % o Mayor 90 % o Mayor 95 % o Mayor -- -- --	--
MER 20	Partículas 0,12 $\mu$ Mayor 99,9999 %	--	--	--



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

EQUIVALENCIA ENTRE NORMAS.

TIPO	RETENCIÓN MEDIA (Arrestancia)	EN 779	ASHRAE 52.2	PERDIDA DE CARGA	
				Limpio mm c.a.	Colmatado mm c.a.
FILTROS GRUESOS (Prefiltros)	Menor que 65 %	G1	--	15	25
	Entre 65 y 80 %	G2	MER 1 MER 2 MER 3 MER 4	15	25
	Entre 80 y 90 %	G3	MER 5 MER 6	15	25
	Mayor que 90 %	G4	MER 7 MER 8	15	25

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

EQUIVALENCIA ENTRE NORMAS.

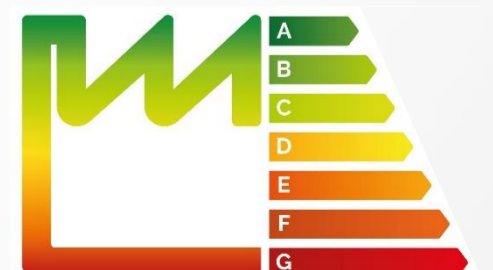
TIPO	EFICIENCIA MEDIA (Prueba de mancha)	EN 779	ASHRAE 52.2	PERDIDA DE CARGA	
				Limpio mm c.a.	Colmatado mm c.a.
FILTROS INTERMEDIOS	Entre 40 y 60 %	F5	MER 9 MER 10	25	50
	Entre 60 y 80 %	F6	MER 11 MER 12	25	50
	Entre 80 y 90 %	F7	MER 13	25	50
	Entre 90 y 95 %	F8	MER 14	25	50
	Mayor que 95 %	F9	MER 15 MER 16	25	50



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

EQUIVALENCIA ENTRE NORMAS.

TIPO	EFICIENCIA MEDIA (Prueba de mancha)	EN 779	ASHRAE 52.2	PERDIDA DE CARGA	
				Limpio mm c.a.	Colmatado mm c.a.
FILTROS HEPA 0,3 $\mu$	Mayor que 85 %	H10	--	35	50
	Mayor que 95 %	H11	--	35	50
	Mayor que 99,5 %	H12	MER 17	35	50
	Mayor que 99,95 %	H13	MER 18	35	50
	Mayor que 99,995 %	H14	MER 19	35	50
FILTROS ULPA 0,12 $\mu$	Mayor que 99,9995 %	U15	MER 20	35	50
	Mayor que 99,99995 %	U16		35	50
	Mayor que 99,999995 %	U17		35	50

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

### DETALLES DE APLICACIÓN.

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	EN 779	APLICACIÓN
FILTROS GRUESOS  (Filtros para partículas mayores a 10 $\mu$ )	- Insectos	G2	- Protección contra insectos.
	- Polvos de escapes	G3	- Filtrado de aire exterior y retorno en sistemas de aire acondicionado con baja necesidad de calidad de aire.
	- Arena	G3	
	- Esporas	G4	- Filtros de entrada en cabinas de pintura.
	- Polen	G4	- Filtros de campanas de cocinas.
	- Polvo de cemento	G4	- Prefiltros para filtros F6 a F9

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

### DETALLES DE APLICACIÓN.

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	EN 779	APLICACIÓN
FILTROS INTERMEDIOS (Filtros para partículas finas de polvo de 1 a 10 $\mu$ )	- Esporas. - Polen.	F5	- Filtrado del aire exterior para ambientes con bajas necesidades de calidad de aire (talleres, depósitos). - Filtros de entrada en cabinas de pintura. - Filtros de campanas de cocinas. - Prefiltros para filtros F6 a F9
	- Polvo de cemento. - Bacterias y gérmenes. - Polvo atmosférico.	F6	- Filtrado final en unidades de tratamiento de aire, para áreas de producción y ventas, almacenes y edificios de oficinas. - Prefiltros para filtros H10 a H11
	- Humo de aceite. - Humo de tabaco. - Humos ferrosos	F7 F8 F9	- Filtrado final en unidades de tratamiento de aire, para edificios de oficinas, museos, fábricas, hospitales, centros de cómputos. Prefiltros para filtros H12 a H14 y filtros de carbón activado-

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

### DETALLES DE APLICACIÓN.

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	EN 779	APLICACIÓN
FILTROS ABSOLUTOS HEPA y ULPA	- Gérmenes - Bacterias - Virus - Humo de tabaco - Humo ferroso	H11	- Filtrado final en recintos con altos o altísimos requerimientos (Laboratorios de producción en el campo farmacéutico e industrias alimenticias, como así también miniatura electrónica y técnicas médicas).
	Filtros para partículas menores a 0,1 µ	- Vapor de aceite - Aerosoles suspendidos de material radiactivo.	H12
- Gérmenes - Bacterias - Virus		H13	- Filtrado final en plantas nucleares - Filtrado de ingreso para salas de operaciones. - Filtrado final en ambientes estériles.
			- Filtrado final en salas limpias de las clases 4 y 3 según VDI 2083
	- Aerosoles.	H14 U15 U16	- Filtrado de ingreso para salas de industria de micro electrónica y farmacéutico. - Filtrado final en salas limpias de las clases 2 y 1 según VDI 2083

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## ***FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO***

Para la retención de olores y algunos gases que estén presentes en el aire se utilizan filtros de carbón activado.

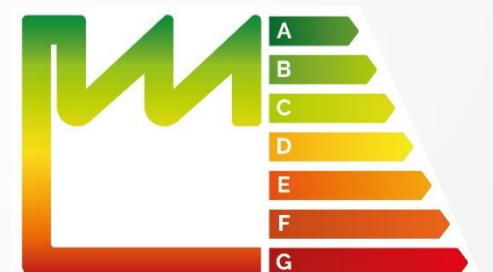
Los filtros de carbón activado, se basan en el llamado **proceso de adsorción** (no confundirse con absorción). Este proceso tiene lugar por la acción de fuerzas físico-químicas y se basa en la retención en la superficie de un sólido (carbón activado) de las moléculas que hay en disolución en el aire.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## ***FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO***

El carbón activado es un material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 1 nanómetro de radio). A causa de su alta microporosidad, un solo gramo de carbón activado puede poseer un área superficial de 500 m<sup>2</sup> o más.

El carbón activado puede tener un área superficial mayor de 500 m<sup>2</sup>/g, siendo fácilmente alcanzables valores de 1000 m<sup>2</sup>/g.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción





# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## **FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO - PRINCIPALES APLICACIONES**

- ✓ Supresión de olores y sabores indeseables (Desodorización).
- ✓ Retención de solventes: Tolueno, Xileno, Benceno, etc.
- ✓ Eliminación de vapores de mercurio.
- ✓ Adsorción de vapores de gasolina.
- ✓ Adsorción de gases radioactivos.
- ✓ Adsorción de gases tóxicos en mascararas para uso civil y militar.
- ✓ Retención de los gases nobles radiactivos, liberados en procesos de la industria nuclear.
- ✓ Eliminación del iodo radiactivo producido en las centrales nucleares.



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe



Dirección General de Asistencia Técnica  
Ministerio de la Producción



# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO

### DETALLES DE APLICACIÓN

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	CLASE	APLICACIÓN
FILTROS DE CARBÓN	- Aire de salida de cocinas	--	- Filtrado de ingreso para áreas, que requieran la ausencia de gases,
ACTIVADO  (Filtros para retención de gases y olores)	- Sustancia nocivas - Humos - Gases de combustión - Vapores de solventes - Sabores de alimentos - Gases radioactivos.		sustancias nocivas u olores desagradables. - Filtrado final en instalaciones nucleares. - Filtrado de salidas de aire que requieran cumplir con normas de protección ambiental.

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## EJEMPLOS

### Filtros plisados de mediana eficiencia



- Alta capacidad de carga.
- Baja caída de presión inicial.
- Máxima durabilidad.
- Tipo de plisado radial.
- Marco de cartón troquelado.

#### Características Constructivas

Los filtros poseen un medio filtrante no tejido, compuesto por fibras de algodón reforzadas con fibras sintéticas con soporte metálico de Expanmetal de aluminio adherido totalmente al medio filtrante. Su tipo de plisado radial ofrece una superficie de filtración 4,6 veces superior respecto al área frontal.

**Marco Perimetral:**  
Fabricado en cartulina doble encapada de 450 gr/m<sup>2</sup> de alta resistencia, con refuerzos diagonales en ambas caras resultantes del troquelado de las mismas y esta totalmente adherido al medio filtrante en su perímetro.

#### Aplicaciones

- Instalaciones centrales de aire acondicionado y ventilación industrial de calidad, cubriendo laboratorios, hospitales, edificios de oficinas, centrales telefónicas, auditorios, plantas procesadoras de alimentos, salas de radiodifusión e industrias en general.
- Prefiltro de etapas posteriores de mayor eficiencia.
- Mejoramiento de la calidad en las tomas de aire exterior o como filtros finales en instalaciones de ventilación industrial.

#### Cómo especificar

Filtros plisados de mediana eficiencia, con medio filtrante no tejido, de fibras de algodón reforzadas con fibras sintéticas. Con soporte metálico de Expanmetal de aluminio adherido al medio filtrante y marco perimetral de cartulina doble encapada, de 450 gr/m<sup>2</sup> de alta resistencia, con refuerzos diagonales en ambas caras.

Especificar dimensiones en mm.

#### Presentación

Dimensiones del filtro (mm)	Dimensiones de la caja (mm)	Cantidad de filtros por caja
495x495x24	510x510x310	12
495x597x24	510x610x310	
597x597x24	610x610x310	

#### Punto de saturación

Utilizando un Manómetro de columna inclinada, se puede determinar cuando los filtros han llegado a su punto de saturación.

Se recomienda para este tipo de filtros, no superar los 230 Pa.

#### Eficiencias

Modelo	Clasificación según normas			
	DIN 24185/2	DIN EN 779	INDICE MERV	ASHRAE 52.1-92
PREFIL-4	EU4	G4	8	25% < Em < 40%   90 < Am

Em: Eficiencia a velocidad facial constante de 100m/min. Según ensayo colorimétrico.  
Am: Arrestando promedio en % según ensayo en peso con polvo sintético.

#### Cuadro de medidas estándar, caudales y pérdidas de carga inicial

Modelo	Dimensiones (mm)			Caudal (m <sup>3</sup> /h)			Pérdida de carga (Pa)			Peso (kg)
	Ancho	Largo	Espesor	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
PREFIL-4	495	495	24	1739	1890	2079	70	76	90	0,26
	495	597		2070	2250	2475				0,28
	597	597		2567	2790	3069				0,34
	495	302	40	1188	1296	1512	60	76	90	0,30
	495	394		1584	1728	2016				0,36
	495	495		2079	2268	2646				0,44
	495	597		2475	2700	3150				0,50
	597	394		1881	2052	2394				0,47
	597	597		3096	3348	3906				0,58
	622	597	3168	3456	4032	0,62				
	495	495	90	2646	2835	3024	65	76	100	0,74
	597	597		3906	4185	4464				0,96

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AA

## EJEMPLOS

### INSTRUMENTOS DE MEDICION

#### Características generales

El Manómetro de columna inclinada es un elemento de control indispensable, en todo sistema de filtrado de aire, ya que permite determinar el momento adecuado para el cambio de los filtros por saturación. Este instrumento también se utiliza para indicar los valores de presión estática en ambientes controlados.

#### Instalación

Instale el Manómetro en una superficie vertical adecuada. El ambiente debe estar libre de vapores de sustancias cloradas, o solventes tales como benceno, acetona, tetracloruro de carbono, etc. El instrumento permite medir presiones de hasta 700 Pascales y temperaturas de hasta 60°C. Perfore dos orificios de 3,5mm en línea vertical, con una separación de 100mm e instale el instrumento con los tornillos autorroscantes provistos. Sin apretar demasiado coloque el instrumento de forma vertical con ayuda del nivel incluido en la parte inferior derecha del mismo. Verifique que haya quedado en esa posición y repita el proceso si es necesario.

#### Llenado

Gire en sentido antihorario la perilla de ajuste de cero hasta que se detenga; gírela nuevamente pero en sentido horario unas tres vueltas, de modo que se deje la posibilidad de ajuste en cualquier dirección. Retire el tapón de llenado en el extremo superior izquierdo e introduzca el líquido lentamente hasta verlo cerca del cero de la escala.

**ATENCIÓN:** use solamente fluido rojo de peso específico 0.826.

Ajuste exactamente el cero del instrumento girando la perilla según corresponda y reponga el tapón de llenado. Si el ajuste es imposible, por exceso de líquido, retire nuevamente el tapón y extraiga el exceso.

El instrumento incluye dos tubos de PVC flexible de 1,5m cada uno (color rojo y cristal) y adaptadores para conexión a 1/8 pulgadas NPT.

Conecte el tubo rojo a la entrada de alta presión del manómetro (ALTA, a la izquierda) y el otro extremo a la presión más elevada a medir. Repita el procedimiento con el tubo restante en la entrada de baja presión (BAJA, a la derecha) y a la presión más baja a medir. *Este valor, muchas veces, corresponde a la presión atmosférica.*



#### Mantenimiento

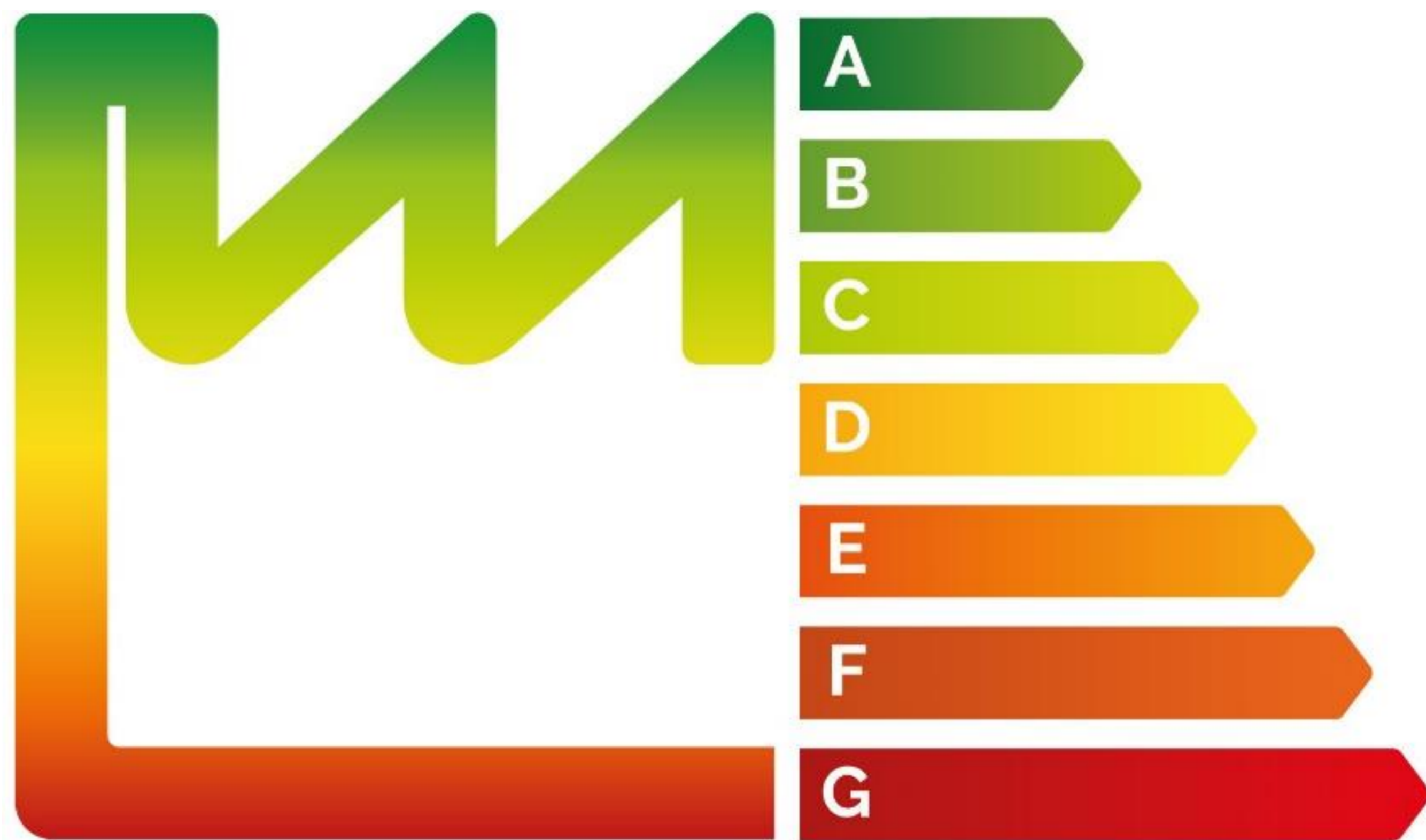
Verifique periódicamente el nivel de fluido y reajuste el cero del instrumento según sea necesario. Agregue fluido solo si es necesario. Para limpieza use solo jabón neutro y agua, evitando solventes que puedan dañar el instrumento (vea Instalación). Limpie la perilla con un pincel pequeño y suave.

#### Indicadores

**Presión estática:** Tenga en cuenta que las velocidades de aire superiores a 5m/seg son una fuente de posibles errores en la medición. Es conveniente usar sondas para presión estática. De no ser disponibles, ingrese las conexiones al conducto en ángulo recto a la corriente de aire, y dele una terminación suave en los extremos.

**Saturación de filtros:** instale el manómetro a distancia no mayor de 1m del banco filtrante. Conecte el lado de descarga del filtro al conector BAJA en la parte superior del instrumento y el otro tubo al conector ALTA y a la presión positiva. Utilice las flechas autoadhesivas (roja y verde) para indicar lectura de filtro limpio y sucio.

Manómetro	Rango	Fluido
	-10 a 700 Pascal	0,826 Rojo



**PROGRAMA DE FORMACIÓN DE  
GESTORES ENERGÉTICOS  
EN INDUSTRIAS**