

HIGIENE INDUSTRIAL

VENTILACIÓN - EJERCICIOS

COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL
MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO

AÑO 2017

HIGIENE INDUSTRIAL - VENTILACIÓN EJERCICIOS

Página 1

INDICE

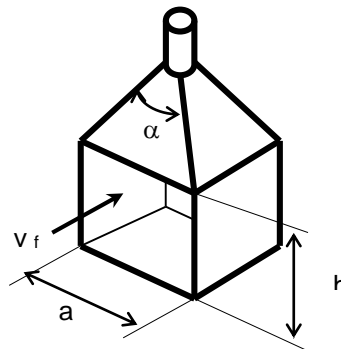
INDICE.....	2
1) CÁLCULO DE CAMPANAS DE ASPIRACIÓN	4
1) Campana N ° 1 - Cabina.....	4
1) Cálculo del caudal Q.....	4
2) Cálculo de las dimensiones de ranuras	5
2) Campana N ° 2 - Campana lateral sobre mesa de trabajo	5
1) Cálculo del caudal Q.....	6
3) Campana N ° 3 - Campana suspendida o dosel sobre fuente caliente	8
O	8
F, H (W).....	8
1) Cálculo del caudal Q.....	11
a) Hallar X y z	11
b) Hallar el caudal inducido Q_{ind}	12
c) Hallar el radio de chorro convectivo r_{ch} , su incremento Δr_{ch} y el radio de campana r_c	12
d) Hallar la velocidad en exceso v_{exc}	12
e) Hallar el área de la campana A_c y el área del chorro convectivo A_{ch}	13
f) Hallar el caudal Q	13
g) Dimensión de la campana cuadrada	13
4) Campana N ° 4 – Campana suspendida o dosel sobre tanques abiertos (Fuente fría).....	14
1) Cálculo del caudal Q.....	14
5) Campana N ° 5 – Campana de extracción lateral para tanques abiertos.....	15
1) Riesgo potencial	17
2) Grado de generación.....	17
3) Velocidad de control	18
4) Caudal específico mínimo	18
5) Caudal mínimo de aspiración	18
6) Diseño de la campana:	18

a)	Velocidad de diseño en la ranura	18
b)	Ancho de la ranura	18
c)	Profundidad de la cámara o pleno	18
6)	Conductos de ventilación y potencia del ventilador	23
1)	Cálculo del sistema de ventilación	23
1)	Obtención del diámetro de los conductos	23
2)	Obtención de la pérdida de los conductos h_1	25
3)	Obtención de la pérdida de los codos h_2	26
4)	Obtención de la pérdida de campana h_3	27
5)	Obtención de la pérdida de total h_T	28
2)	Ventilador centrífugo, potencia del motor	28
3)	Preguntas	29
7)	Ventilación General.....	30

1) CÁLCULO DE CAMPANAS DE ASPIRACIÓN

Calcular el caudal de cada una de las campanas que se indican a continuación. Calcular además las dimensiones de las campanas suspendidas o dosel. El dato del ángulo α no se requiere en esta etapa del cálculo.

1) Campana N° 1 - Cabina



Proceso: Pulido

Contaminante: Partículas

Datos: $a = 1,0 \text{ m}$ – $h = 1,3 \text{ m}$ – $v_f = 0,60 \text{ m/s}$ – $\alpha = 90^\circ$

Calcular además las dimensiones de las ranuras ubicadas en el interior de la campana para obtener una distribución uniforme de las velocidades en el frente de la campana.

1) *Cálculo del caudal Q*

$$Q = V_f \cdot A = V_f \cdot a \cdot h = 0,6 \text{ m/s} \cdot 1,3 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = \mathbf{0,78 \text{ m}^3/\text{s}}$$

2) Cálculo de las dimensiones de ranuras

Se adopta como Velocidad de ranura, $V_{\text{ranura}} = 10 \cdot V_f$ (nunca menor a 5m/s)

$$V_{\text{ranura}} = 10 \cdot V_f = 10 \cdot 0,6 \text{ m/s} = \mathbf{6 \text{ m/s}}$$

Caudal de ranura, $Q_{\text{ranura}} = Q/n$, siendo n la cantidad de ranuras (3)

$$Q_{\text{ranura}} = Q/n = 0,78 \text{ m}^3/\text{s} / 3 = \mathbf{0,26 \text{ m}^3/\text{s}}$$

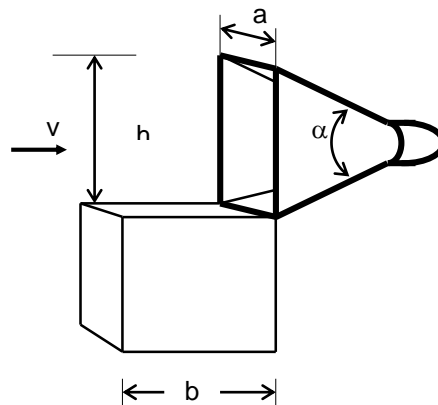
Área de ranura, $A_{\text{ranura}} = Q_{\text{ranura}} / V_{\text{ranura}}$

$$A_{\text{ranura}} = Q_{\text{ranura}} / V_{\text{ranura}} = 0,26 \text{ m}^3/\text{s} / 6 \text{ m/s} = \mathbf{0,043 \text{ m}^2}$$

Altura de ranura, $h_{\text{ranura}} = A_{\text{ranura}} / a$

$$h_{\text{ranura}} = A_{\text{ranura}} / a = 0,043 \text{ m}^2 / 1 \text{ m} = \mathbf{0,043 \text{ m}}$$

2) Campana N ° 2 - Campana lateral sobre mesa de trabajo



Proceso: Pulido

Contaminante: Partículas – polvo pesado. Gran Generación activa con corriente de aire que distorsionan la captura.

Datos: $a = 1,40 \text{ m}$ – $h = 0,90 \text{ m}$ – $b = 0,65 \text{ m}$ – $\alpha = 110^\circ$

1) Cálculo del caudal Q

Para campana lateral aplicamos, $Q = V_{\text{control}} (5 b^2 + A) \text{ m}^3/\text{s}$

V_{control} lo tomamos de las tablas 1 y 2 en base a los datos acerca del contaminante. De la tabla 1 elegimos la fila correspondiente a **III** que nos indica una V_{control} entre 1 y 2,5 m/s al ser el contaminante de gran generación activa, y de la tabla 2 adoptamos el **límite superior** por las corrientes de aire que distorsionan la captura del contaminante.

$$Q = V_{\text{control}} (5 b^2 + A) \text{ m}^3/\text{s} = 2,5 \text{ m/s} (5 \cdot 0,65^2 \text{ m}^2 + 0,9 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m})$$

$$Q = 8,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

TABLA 1 - Valores recomendados para las velocidades de control

Condiciones de dispersión del Contaminante	Ejemplos	Velocidad de control (m/s)
I – Liberado casi sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25 – 0,5
II - Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado Intermitente de recipientes; transferencias entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5 – 1,0
III - Generación activa en una zona de rápido movimiento.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras.	1,0 – 2,5

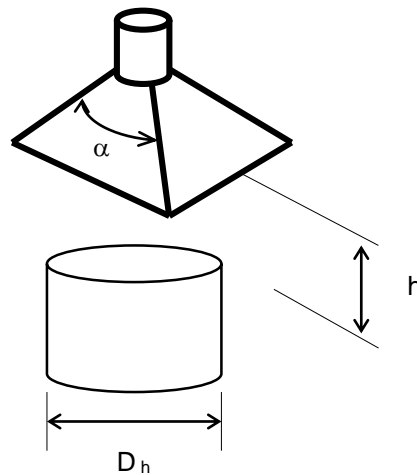
IV - Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire.	Desmolde en fundiciones, chorros de aire abrasivos.	2,5 – 10
---	---	-----------------

En cada una de las condiciones citadas se indica un rango para los valores de la velocidad de control. La selección del valor adecuado depende de los siguientes factores:

TABLA 2

Límite inferior	Límite superior
1. Corrientes de aire en el local mínimas o favorables a la captura del contaminante.	1. Corrientes de aire que distorsionan la captura del contaminante.
2. Contaminantes de baja toxicidad o molestos.	2. Contaminantes de alta toxicidad.
3. Producción de contaminantes baja o intermitente.	3. Gran producción, uso continuo.
4. Campana de gran tamaño o con una gran masa de aire en movimiento.	4. Campana pequeña, únicamente control local.

3) Campana N° 3 - Campana suspendida o dosel sobre fuente caliente



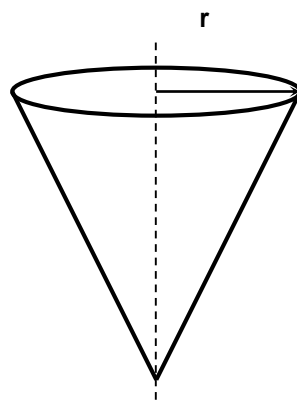
Proceso: Horno de fundición

Contaminante: partículas

Datos: $D_h = 0,70\text{m}$ – $H = 13 \text{ kW}$ – $h = 0,90 \text{ m}$ – $\alpha = 130^\circ$

Para campanas en fuente caliente aplicamos lo siguiente:

*Supongamos inicialmente una fuente ideal puntual (**F**) que entrega al medio una potencia calórica (**H**), expresada en vatios.*



El radio (r) expresado en metros (m), de la sección circular del chorro convectivo, a una altura genérica (z), también expresada en metros (m), es:

$$r = 0,221 \cdot z^{0,88} \quad (m)$$

La velocidad promedio, expresada en metros por segundo (m/s), con la que el aire atraviesa la sección circular es:

$$v = 0,052 \cdot H^{1/3} \cdot z^{-0,29} \quad (m/s) \quad (7)$$

con H expresado en vatios (W), y el caudal inducido por la fuente caliente es:

$$Q_{ind} = v \cdot A = v \cdot \pi \cdot r^2 \quad (m^3/s)$$

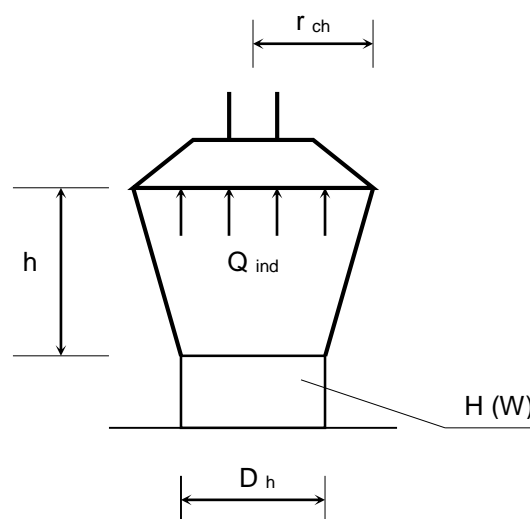
Reemplazando resulta:

$$Q_{ind} = 0,008 \cdot H^{1/3} \cdot z^{1,47} \cong 0,008 \cdot H^{1/3} \cdot z^{3/2} \quad (m^3/s) \quad (3)$$

Se considera ahora una instalación real donde: el diámetro (D_h), corresponde al del horno, con su base apoyada sobre el suelo, la altura (h) es la distancia entre la boca de la campana y el plano superior del horno y la potencia calórica (H) es la que el horno entrega al medio. Estos valores son establecidos según las características y requerimientos del proceso.

Para la situación planteada se desea calcular el caudal inducido (Q_{ind}) por la fuente en el frente de la campana, y el radio (r_{ch}) del chorro convectivo que se genera.

Para ello se prolongan hacia abajo las generatrices del chorro convectivo formado entre el horno y la campana, para determinar la ubicación de la fuente puntual (F), que se encuentra por debajo de la fuente. Se ha pasado de un tronco de cono, de altura (h), a un cono de altura (z) con vértice en el punto F . Se considera entonces que la fuente puntual reemplaza al horno, emitiendo al medio la misma energía (H).



El valor (z) se obtiene como suma de: $z = x + h$ (m) (2)

(x) se obtiene a partir de la ecuación siguiente, en la cual se coloca como valor del radio de la sección circular, a la altura (x), al diámetro de la fuente dividido por dos (2), resultando:

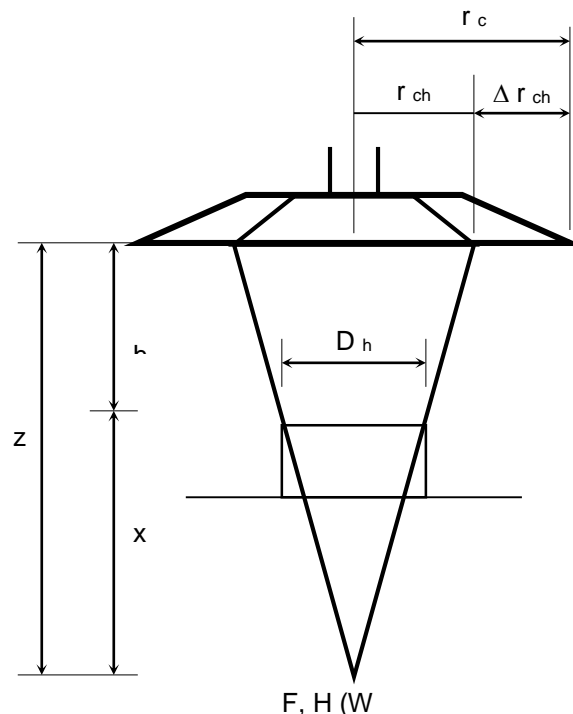
$$D_h / 2 = 0,221 \cdot x^{0,88} \text{ (m)}, r = 0,221 \cdot z^{0,88} \text{ (m)}$$

y despejando de esta expresión a (x) resulta:

$$x = (D_h / 0,442)^{1,136},$$

$$x = 2,53 \cdot D_h^{1,136} \text{ (m) (1)}$$

:



Conocido ahora el valor de (z), se calcula el caudal inducido en la boca de la campana por el horno. Se obtiene el valor del radio del chorro convectivo (r_{ch}), según la figura anterior :

$$r_{ch} = 0,221 \cdot z^{0,88} \text{ (m) (4)}$$

Dado que las corrientes erráticas del local provocan el desplazamiento del chorro convectivo en distintas direcciones, el radio de la campana (r_c) debe ser superior al radio del chorro convectivo ascendente, para garantizar una captación total. Según lo recomendado por el Manual de Ventilación Industrial, el radio del chorro convectivo se incrementa en el valor:

$$\Delta r_{ch} = 0,4 \cdot h \quad (5)$$

El radio de la campana se calcula entonces utilizando la expresión:

$$r_c = r_{ch} + \Delta r_{ch} = r_{ch} + 0,4 \cdot h \quad (m) \quad (6)$$

r_c es el radio de la campana.

El caudal a aspirar por la campana es entonces:

$$Q = Q_{ind} + Q_{exc} \quad (m^3/s) \quad (11)$$

Q_{ind} : caudal calculado anteriormente

Q_{exc} : caudal de aire proveniente del entorno del ambiente de trabajo.

$$Q_{exc} = v_{exc} \cdot A_{exc} = v_{exc} \cdot (A_c - A_{ch}) \quad (m^3/s) \quad (10)$$

v_{exc} : es la velocidad con la que el aire del entorno del local atraviesa la sección en exceso (A_{exc}),

A_{exc} : es la diferencia entre el área de la campana (A_c) y el área del chorro convectivo (A_{ch}).

El área de la campana es:

$$A_c = \pi \cdot r_c^2 \quad (m^2) \quad (8)$$

El área del chorro convectivo es:

$$A_{ch} = \pi \cdot r_{ch}^2 \quad (m^2) \quad (9)$$

$$Q_{exc} = v_{exc} \cdot \pi \cdot (r_c^2 - r_{ch}^2) \quad (m^3/s)$$

Si la campana es cuadrada el radio se convierte en la mitad del lado y:

$$Lado_c = 2 \cdot r_c$$

1) Cálculo del caudal Q

a) Hallar X y z

$$x = 2,53 \cdot D_h^{1.136} \quad (m) \quad (1)$$

$$x = 2,53 \cdot 0,7^{1.136} \quad (m)$$

$$x = 1,687 \text{ m}$$

$$z = x + h \quad (m) \quad (2)$$

$$z = 1,687 + 0,9 \quad (\text{m})$$

$$z = 2,587 \text{ m}$$

$$z = x + h \quad (\text{m}) \quad (2)$$

b) Hallar el caudal inducido Q_{ind}

$$Q_{ind} = 0,008 \cdot H^{1/3} \cdot z^{1,47} \cong 0,008 \cdot H^{1/3} \cdot z^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3)$$

$$Q_{ind} = 0,008 \cdot 13000^{1/3} \cdot 2,587^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$Q_{ind} = 0,7827 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Hallar el radio de chorro convectivo r_{ch} , su incremento Δr_{ch} y el radio de campana r_c

$$r_{ch} = 0,221 \cdot z^{0,88} \quad (\text{m}) \quad (4)$$

$$r_{ch} = 0,221 \cdot 2,587^{0,88} \quad (\text{m}) \quad (4)$$

$$r_{ch} = 0,51 \text{ m}$$

$$\Delta r_{ch} = 0,4 \cdot h \quad (5)$$

$$\Delta r_{ch} = 0,4 \cdot 0,9 \text{ m}$$

$$\Delta r_{ch} = 0,36 \text{ m}$$

$$r_c = r_{ch} + \Delta r_{ch} \quad (5)$$

$$r_c = 0,51 \text{ m} + 0,36 \text{ m}$$

$$r_c = 0,87 \text{ m}$$

d) Hallar la velocidad en exceso v_{exc}

$$v_{exc} = 0,052 \cdot H^{1/3} \cdot z^{-0,29} \quad (\text{m/s}) \quad (7)$$

$$v_{exc} = 0,052 \cdot 13000^{1/3} \cdot 2,587^{-0,29} \quad (\text{m/s})$$

$$v_{exc} = 0,93 \text{ m/s}$$

e) **Hallar el área de la campana A_c y el área del chorro convectivo A_{ch}**

El área de la campana es, $A_c = \pi \cdot r_c^2$ (m²) (8)

$$A_c = \pi \cdot 0,87^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_c = 2,378 \text{ m}^2$$

El área del chorro convectivo es, $A_{ch} = \pi \cdot r_{ch}^2$ (m²) (9)

$$A_{ch} = \pi \cdot 0,51^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_{ch} = 0,817 \text{ m}^2$$

f) **Hallar el caudal Q**

Q_{exc} : caudal de aire proveniente del entorno del ambiente de trabajo.

$$Q_{exc} = v_{exc} \cdot A_{exc} = v_{exc} \cdot (A_c - A_{ch}) \text{ (m}^3\text{/s)} \text{ (10)}$$

$$Q_{exc} = 0,9816 \cdot (2,378 - 0,817) \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$Q_{exc} = 1,45 \text{ m}^3\text{/s}$$

El caudal a aspirar por la campana es entonces:

$$Q = Q_{ind} + Q_{exc} \text{ (m}^3\text{/s)} \text{ (11),}$$

Q_{ind} : caudal calculado en b)

$$Q = 0,78 + 1,45 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$Q = 2,23 \text{ m}^3\text{/s}$$

g) **Dimensión de la campana cuadrada**

Si la campana es cuadrada el radio se convierte en la mitad del lado y:

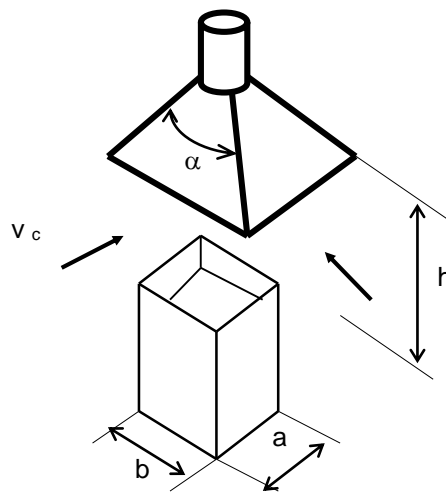
$$\text{Lado}_c = 2 \cdot r_c$$

$$\text{Lado}_c = 2 \cdot 0,87 \text{ m}$$

Lado $c = 1,74 \text{ m}$

Se adopta Lado $c = 1,8 \text{ m}$

4) Campana N° 4 – Campana suspendida o dosel sobre tanques abiertos
(Fuente fría)



Proceso: Recubrimiento no electrolítico de níquel

Contaminante: Vapores de amoníaco

Datos: $a = 0,60 \text{ m}$ – $b = 0,60 \text{ m}$ – $h = 1,10 \text{ m}$ – Temp. baño = 50°

$C - \alpha = 130^\circ$

1) Cálculo del caudal Q

Para campana suspendida aplicamos, $Q = 1,4 \cdot P \cdot V_{\text{control}} \cdot h \text{ m}^3/\text{s}$

Siendo P: Perímetro de la fuente y h la altura

Para determinar V_{control} de la tabla 1 tomamos la fila I por las condiciones del contaminante y elegimos el límite superior al ser este de alta toxicidad. En estas condiciones resulta:

$$V_{\text{control}} = 0,5 \text{ m/s}$$

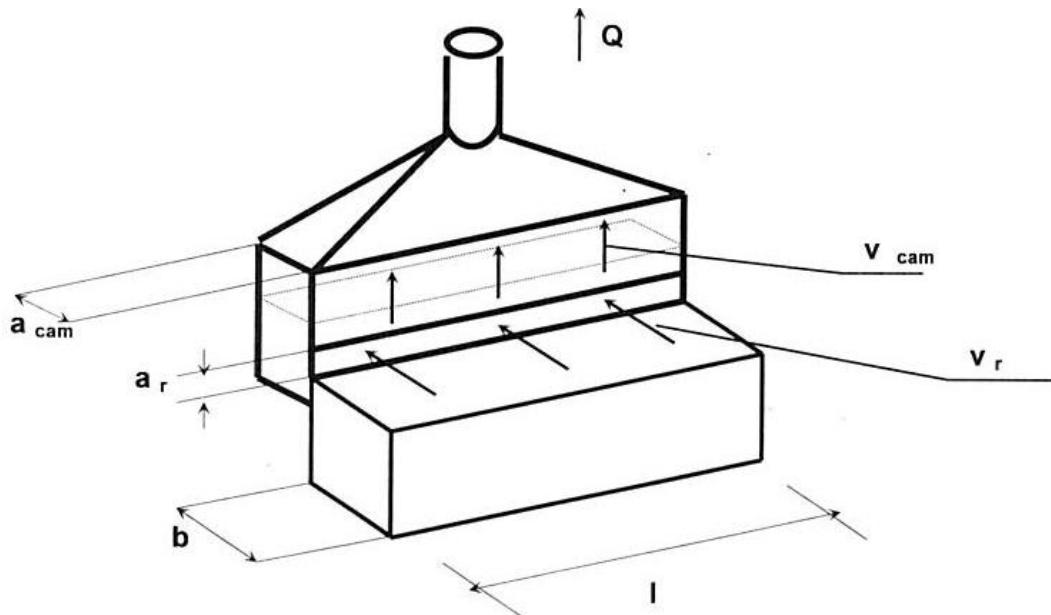
$$Q = 1,4 \cdot P \cdot V_{\text{control}} \cdot h \text{ m}^3/\text{s} = 1,4 \cdot (2 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot V_{\text{control}} \cdot h$$

$$Q = 1,4 \cdot (2 \cdot 0,6 \text{ m} + 2 \cdot 0,6 \text{ m}) \cdot 0,5 \text{ m/s} \cdot 1,1 \text{ m} = 1,848 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1,848 \text{ m}^3/\text{s}$$

5) Campana N° 5 – Campana de extracción lateral para tanques abiertos

Ranura con pantalla



Proceso: Bruñido de aluminio

Contaminante: Gases de fluoruro de hidrógeno

Datos: $b = 0,95 \text{ m}$ – $l = 1,90 \text{ m}$ – Temp. baño = 80° $\alpha = 110^\circ$

El riesgo potencial de un contaminante representa el daño que puede producir a las personas expuestas y se obtiene a partir de la concentración máxima permisible ponderada en el período de ocho (8) horas (CMP) – ver Anexo II, Introducción a las Sustancias Químicas, del Decreto 359/79 y sus modificatorias, reglamentario de la Ley 19587, de Higiene y Seguridad en el Trabajo –, utilizando la información de la Tabla N° 2. Se indica con las letras A, B, C, y D, donde A representa a las sustancias de mayor riesgo y la letra D representa a las de menor riesgo.

El grado de generación de un contaminante, que indica la probabilidad que el contaminante se desprenda de la superficie de la cuba y pase al ambiente de trabajo, se determina utilizando el valor resultante más desfavorable obtenido de la Tabla 3 o de la Tabla 5.

Con el riesgo y el grado así obtenidos, se forma el grupo correspondiente: A1, B2, C3, etc. Con este grupo se ingresa a la Tabla 4 y se obtiene la velocidad mínima de control (m/s), en función de los distintos tipos de campanas que pueden utilizarse. Esto es para ubicaciones sin corrientes de aire apreciables dentro del local.

Con las velocidades así obtenidas de la Tabla 4 y con las dimensiones de las cabinas o de las campanas suspendidas elegidas, aplicando las correspondientes ecuaciones de cálculo, se obtienen los caudales a aspirar.

Cálculo para determinar el caudal es:

$$Q = q \cdot b \cdot l \text{ (m}^3/\text{s)}$$

donde: q : caudal específico o sea caudal mínimo por área de superficie de cuba ($\text{m}^3/\text{s} / \text{m}^2$),

b : dimensión de la cuba perpendicular a la ranura (rendija) de aspiración en (m) y

l : dimensión de la campana paralela a la ranura (rendija) de aspiración en (m).

Se ubica la columna encabezada con el valor de la relación ancho a largo de la cuba (b / l) y en la intersección con la fila hallada en el paso anterior se determina el valor del caudal específico (q). Empleando la expresión anterior se obtiene el caudal que debe aspirar la campana.

El ancho (b) de la cuba indica el ancho efectivo sobre el que la campana debe aspirar el aire. Cuando la boca de la campana está más allá del borde de la cuba, esta distancia debe ser sumada al ancho de la cuba.

$$Q = v_r \cdot a_r \cdot l \text{ (m}^3/\text{s)}$$

donde: v_r : velocidad del aire en la ranura,

a_r : ancho de la ranura,

l : longitud de la ranura, igual a la longitud de la cuba abierta.

Usando la velocidad recomendada de la ranura de 10 m/s y despejando la incógnita ancho de ranura (a_r) resulta:

$$a_r = Q / v_r / l \quad (m)$$

$$v_{cam} \leq v_r / 2 \quad (m/s)$$

$$a_{cam} \geq 2 \cdot a_r \quad (m)$$

Proceso: Bruñido de aluminio.

Contaminante generado: Gases de fluouro de hidrógeno.

Temperatura del líquido: 80 ° C

Dimensiones: $l = 1,9$ m, x $b = 0,95$ m,

Situado en el centro del local y sin corrientes de aire transversales.

$$b / l = 0,95 \text{ m} / 1,9 \text{ m} = 0,9$$

Contaminante generado: Gases de fluouro de hidrógeno.

1) Riesgo potencial

A (ver Anexo II del Decreto 351/79: **CPM = 2** ppm y Tabla 2).

2) Grado de generación

2 (ver Tabla 3 y Tabla 5, utilizando el valor más elevado).

Tabla 2.3, **R = 2**

Tabla 2.5, **R = 1**

Se utiliza **R = 1**

Riesgo y grado: A – 1

3) Velocidad de control

$v_c = 0,75 \text{ m / s}$ (ver Tabla 4).

4) Caudal específico mínimo

$q = 1,32 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}^2$, para caso I (cuba apantallada) y con $b/l = 0,9$ (ver Tabla 6).

5) Caudal mínimo de aspiración

$$Q = q \cdot b \cdot l$$

$$Q = 1,32 \cdot 0,95 \cdot 1,9 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 2,3826 \text{ m}^3 / \text{s}$$

6) Diseño de la campana:

a) Velocidad de diseño en la ranura

Se adopta $v_r = 10 \text{ m / s}$

b) Ancho de la ranura

$$a_r = Q / v_r / l = 2,3826 / 10 / 1,9$$

$$a_r = 0,125 \text{ m}$$

c) Profundidad de la cámara o pleno

$$a_{cam} = 2 \cdot a_r = 2 \cdot 0,125 = 0,25 \text{ m}$$

$$a_r = 0,125 \text{ m} - a_{cam} = 0,25 \text{ m}$$

TABLA N° 2
DETERMINACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

Riesgo potencial	Concentración máxima permisible		Punto de inflamación (° C) (ver Apéndice 1)
	Gases o vapores (ppm) (ver Ley 19,587 y sus modificaciones)	Nieblas (mg / m ³)	
A	0 - 10	0 - 0,1	-
B	11 - 100	0,11 - 1	< 40
C	101 - 500	1,1 - 10	40 - 90
D	> 500	> 10	> 90

TABLA N° 3 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE GENERACIÓN

Grado de generación	Temperatura del líquido (° C)	Grados por debajo del punto de ebullición (° C)	Evaporación relativa * Tiempo para 100% de evaporación (horas)
1	> 90	0 - 10	Rápida (0 - 3)
2	65 - 90	11 - 26	Media (3 - 12)
3	35 - 65	26 - 50	Lenta (12 - 50)
4	< 35	> 50	Nula > 50

TABLA N ° 4 Velocidad mínima de control (m/s) para locales sin corrientes de aire

Clase: riesgo y grado (ver Tablas 2.2 y 2.3)	Cabina		Extracción lateral (ver Figura 2,15) (Nota 1)	Campanas suspendidas (ver Figura 2,13)	
	Un lateral abierto	Dos laterales abiertos		Tres laterales abiertos	Cuatro laterales abiertos
A-1 y A-2 (Nota 2)	0,5	0,75	0,75	No emplear	
A-3 (Nota 2), B-1, B-2 y C-1	0,375	0,50	0,5	0,625	0,875
B-3, C-2 y D-1 (Nota 3)	0,325	0,45	0,375	0,5	0,75
A - 4 (Nota 2) C - 3 y D - 2 (Nota 3)	0,25	0,37	0,25	0,375	0,625
B-4, C-4 y D-3 (Nota 3) y D - 4 : Es suficiente con una adecuada ventilación general.					
Notas:1. Emplee la relación ancho / longitud para calcular el caudal; ver Tabla 2.6 para el cálculo. 2. No emplee campanas suspendidas cuando el grado de peligrosidad sea A.					

TABLA N° 5

Velocidad mínima de control (m/s) en procesos típicos, con poco movimiento de aire

Operación	Contaminante	Riesgo potencial	Grado de generación	Velocidad de control para extracción lateral (ver Figura 2.15)
Agua caliente hirviendo	Vapor de agua	D	1	0,38 *
Agua caliente no hirviendo	Vapor de agua	D	2	0,25 *
Anodizado de aluminio	Ácidos crómico y sulfúrico	A	1	0,75
Aluminio, abrillantado	Ácidos nítrico y sulfúrico	A	1	0,75
Aluminio, abrillantado	Ácidos nítrico y fosfórico	A	1	0,75
Arranque de cobre	Nieblas alcalinas y de cianuro	C	2	0,38
Arranque de níquel	Vapores nitrosos	A	1	0,75
Cobreado	Nieblas de cianuro	C	2	0,38
Cromado	Ácido crómico	A	1	0,75
Decapado de acero	Ácido clorhídrico	A	2	0,75
Decapado de acero	Ácido sulfúrico	B	1	0,50
Limpieza de metales	Nieblas alcalinas	C	1	0,50
Soluciones salinas(bonderizado)				
Hirviendo	Vapor de agua	D	1	0,38 *
No hirviendo	Vapor de agua	D	2	0,25 *

* Cuando se desee un control completo del agua caliente, trátase como de la clase inmediata superior.

TABLA N° 6
CAUDAL A ASPIRAR (m³ / s por m² de tanque)

b / l v _c	≤ 0,10	> 0,10	> 0,25	> 0,50	> 1,00	
		≤ 0,25	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 2,00	
0,25	I	0,25	0,30	0,375	0,45	0,50
	II	0,375	0,45	0,50	0,55	0,625
0,375	I	0,375	0,45	0,55	0,65	0,75
	II	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
0,50	I	0,50	0,625	0,75	0,875	1,00
	II	0,75	0,875	1,00	1,15	1,25
0,75	I	0,75	0,95	1,15	1,32	1,52
	II	1,15	1,25	1,52	1,73	1,90

HIGIENE INDUSTRIAL - VENTILACIÓN EJERCICIOS

Página 22

--	--	--	--	--	--

6) Conductos de ventilación y potencia del ventilador

Campana del sistema: Campana N ° 2 - Campana lateral sobre mesa de trabajo

Conductos:

Tipo de material: muy lisos

Anteriores al ventilador:

Codo 1	40^a - R/D 1,25
Conducto 1	3,8 m
Codo 2	45 - R/D 2,0
Conducto 2	10m

Posterior al ventilador:

Conducto 3	4 m
Codo 3	90^a - R/D 1,75
descarga	3 m

Ventilador centrífugo

Área de entrada igual a la de salida

Rendimiento: 0,65

Pérdida de presión equipo de tratamiento (m: 110 mm H₂O)

1) Cálculo del sistema de ventilación

1) *Obtención del diámetro de los conductos*

Caudal, $Q = V_{\text{control}} A$, siendo $A = \text{área del conducto} = D^2/(4 \cdot \pi)$

$$Q = V_{\text{control}} \cdot A = V_{\text{control}} \cdot D^2 / (4 \cdot \pi)$$

$$D = 2 \cdot (Q / (V_{\text{control}} \cdot \pi))^{1/2}$$

V_{control} la elegimos de la tabla 3. La misma nos recomienda para polvos pesados valores entre 20 y 22,5 m/s. Adoptamos 20 m/s.

El diámetro, tomando el caudal $Q = 8,43 \text{ m}^3/\text{s}$ del ejercicio 2, resulta:

$$D = 2 \cdot (Q / (V_{\text{control}} \cdot \pi))^{1/2} = 2 \cdot (8,43 \text{ m}^3/\text{s} / (20 \text{ m/s} \cdot \pi))^{1/2}$$

$$D = 0,73 \text{ m}$$

Se adopta como valor comercial $D = 720 \text{ mm}$ pues es preferible, al tratarse de polvos pesados, que resulte una V_{control} mayor al reducir el área del conducto.

Recalculamos el área A y la V_{control} resultante:

$$A = \pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot 0,72^2 \text{ m}^2 / 4 = 0,407 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{control}} = Q / A = 8,43 \text{ m}^3/\text{s} / 0,4068 \text{ m}^2 = 20,71 \text{ m/s}$$

$$Q = 8,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,72 \text{ m}$$

$$A = 0,407 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{control}} = 20,71 \text{ m/s}$$

TABLA 3

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorreado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

2) Obtención de la pérdida de los conductos h_1

$$L_{\text{total}} = L_{\text{conducto 1}} + L_{\text{conducto 2}} + L_{\text{conducto 3}} + L_{\text{descarga}}$$

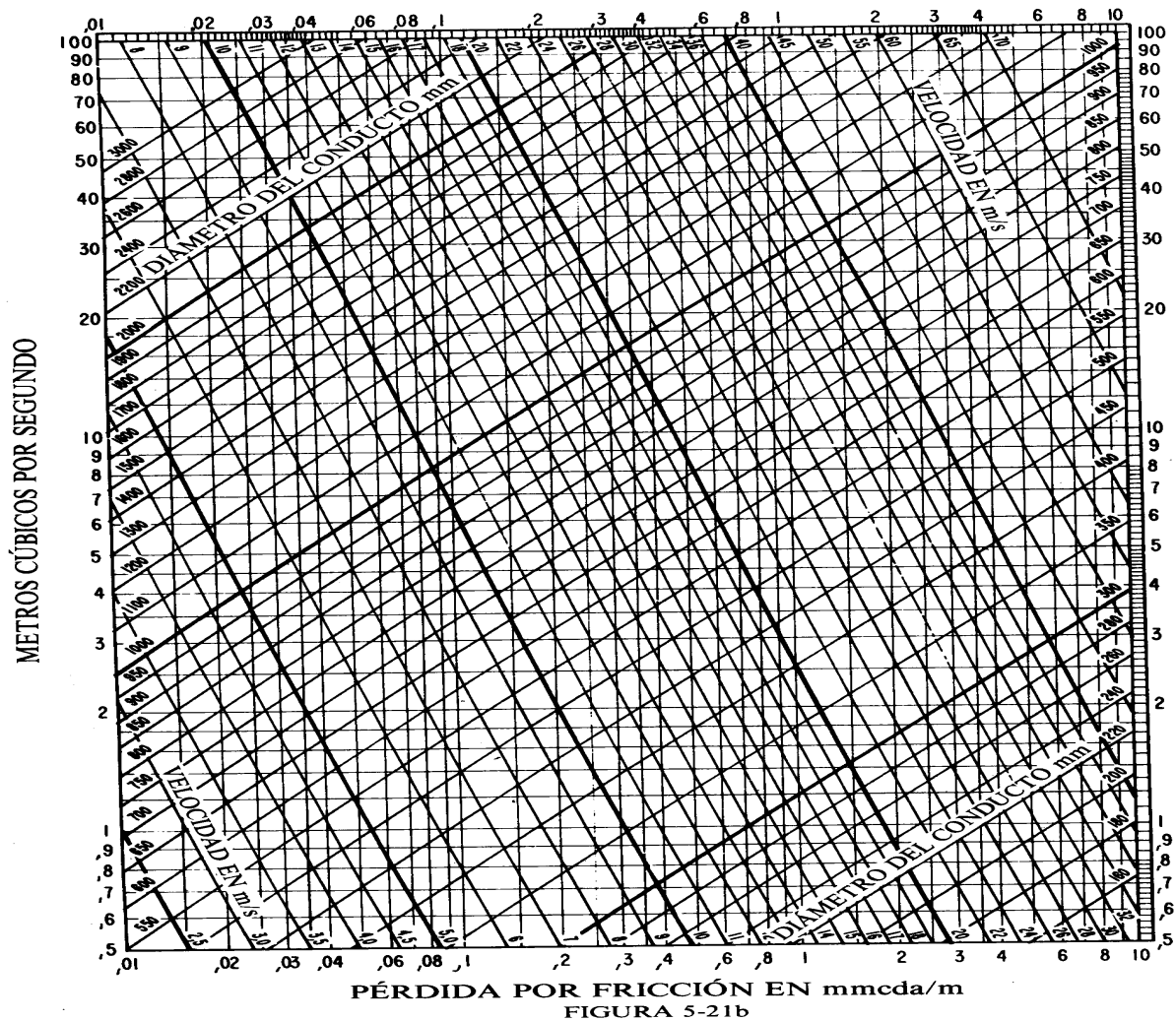
$$L_{\text{total}} = 3,8 \text{ m} + 10 \text{ m} + 4 \text{ m} + 3 \text{ m} = 20,8 \text{ m}$$

Entrando en el siguiente ábaco con el caudal Q e intersectando con el D hallado, obtenemos la pérdida del conducto liso.

$$\text{Pérdida del conducto/longitud} = 0,55 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

$$\text{Pérdida conducto} = L_{\text{total}} \cdot \text{Pérdida del conducto/longitud}$$

$h_1 = \text{Pérdida conducto} = 20,8 \text{ m} , 0,55 \text{ mm H}_2\text{O/m} = 11,44 \text{ mm H}_2\text{O}$



$$h_f = 5,38 \frac{V^{1,9}}{D^{1,22}}$$

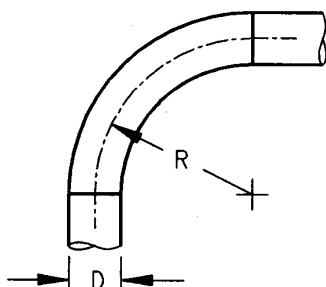
h_f : Pérdida por fricción, mmca/m
 V : velocidad, m/s
 D : diámetro, mm

3) Obtención de la pérdida de los codos h_2

Altura dinámica:

$$h_c = V_{\text{control}}^2 / 16 = 20,71^2 \text{ m/s} / 16 = 26,8 \text{ mmH}_2\text{O}$$

TABLA 4



R/D	Pérdida de carga Fracción de PD
2,75	0,26
2,50	0,22
2,25	0,26
2,00	0,27
1,75	0,32
1,50	0,39
1,25	0,55

CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR

De la tabla anterior referida a un factor de carga para 90° obtenemos para cada uno de los codos su correspondiente factor K_a en relación a su propio R/D y a su propio ángulo α :

$$\text{Codo 1, } K_{a1} = \alpha/90 \cdot K_{1,25} = 40/90 \cdot 0,55 = 0,240$$

$$\text{Codo 2, } K_{a2} = \alpha/90 \cdot K_{2,00} = 45/90 \cdot 0,27 = 0,135$$

$$\text{Codo 3, } K_{a3} = \alpha/90 \cdot K_{1,75} = 90/90 \cdot 0,32 = 0,320$$

$$K_{\text{total}} = K_{a1} + K_{a2} + K_{a3} = 0,24 + 0,135 + 0,32 = 0,695$$

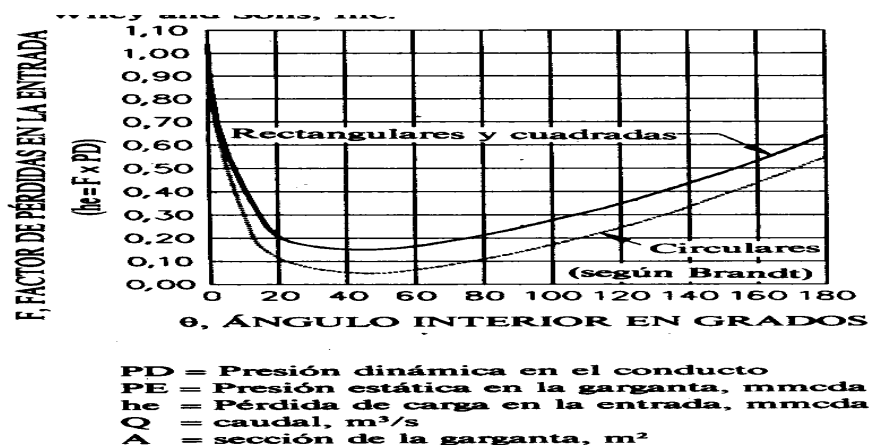
$$h_2 = \text{Pérdida codos} = h_c \cdot K_{\text{total}} = 26,8 \text{ mm H}_2\text{O} \cdot 0,695 = \mathbf{18,62 \text{ mm H}_2\text{O}}$$

4) Obtención de la pérdida de campana h_3

Esta pérdida es función del ángulo de campana, en nuestro caso, $\alpha = 110^\circ$.

Del gráfico siguiente obtenemos el factor de pérdida K_e de la campana rectangular.

$$K_e = 0,3$$



$$H_3 = \text{Pérdida campana} = (1 + K_e) \cdot h_c = (1 + 0,3) \cdot 26,8 \text{ mm H}_2\text{O} = 34,84 \text{ mm H}_2\text{O}$$

5) Obtención de la pérdida de total h_T

$$h_T = h_1 + h_2 + h_3 + h_{\text{equipo tratamiento}}$$

$$h_T = (11,44 + 18,62 + 34,84 + 110) \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$h_T = 174,9 \text{ mm H}_2\text{O}$$

2) Ventilador centrífugo, potencia del motor

Potencia necesaria en el aire:

$$P_{\text{AIRE}} = Q \cdot h_T \cdot 9,81 \text{ Watt} = 8,43 \cdot 174,9 \cdot 9,81 \text{ Watt} = 14.464 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{AIRE}} = 14.453,18 / (1000 \cdot 0,745) \text{ HP} = 19,4 \text{ HP}$$

Potencia en el eje del motor:

$$P_{\text{MOTOR}} = P_{\text{AIRE}} / \text{rendimiento} = 19,4 / 0,65 \text{ HP} = 29,87 \text{ HP}$$

HIGIENE INDUSTRIAL - VENTILACIÓN EJERCICIOS

Página 28

$$P_{\text{MOTOR}} = 29,87 \text{ HP}$$

3) Preguntas

a) Si después del codo 2 viniese un empalme con otra rama que transporta el mismo contaminante y llega al nudo con una caída de presión que es el 19 % mayor de la rama ya calculada. ¿cómo encararía el recalcu para llegar al equilibrio en este nudo?

Si concurre otro ramal que produce una pérdida de presión estática total acumulada $\sum h'_{T \text{ acumulada}}$; que es mayor al 5% respecto con la pérdida de presión estática total acumulada $\sum h_{T \text{ acumulada}}$ producida por la situación original, no se cumple la condición de equilibrio estático del ya que:

$$\Delta \sum h_{T \text{ acumulada}} \leq 5 \%,$$

Si $\sum h'_{T \text{ acumulada}}$ no puede ser disminuida, para lograr el equilibrio estático requerido en el nudo se procede a incrementar $\sum h_{T \text{ acumulada}}$. Una forma de hacerlo es incrementando el valor de la pérdida de presión total del troncal, dejando fijas las pérdidas de presión de los ramales que concurren al nudo A. Para ello se aumenta la velocidad real en el troncal, y se calcula el nuevo diámetro **D**.

b) Si en ese empalme el caudal de la otra rama es el 15 % mayor y la velocidad un 10 % mayor respecto a la rama calculada. Calcule la presión dinámica disponible a la salida del nudo.

Presión dinámica:

$$h_D = v^2 \cdot 1,2 / 19,62 = v^2 / 16,35 = (v / 4,044)^2$$

Presión dinámica a la salida del nudo:

$$h_{DD} = (Q_1 \cdot h_{D1} + Q_2 \cdot h_{D2}) / (Q_1 + Q_2)$$

h_{D1} = altura dinámica original

h_{D2} = altura dinámica de la rama agregada

$$v_{D1} = 20,71 \text{ m/s}$$

$$v_{D2} = 1,1 \cdot v_{D1} = 20,71 \text{ m/s} \cdot 1,1 = 22,781 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = 8,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 1,15 \cdot Q_1 = 1,15 \cdot 8,43 \text{ m}^3/\text{s} = 9,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{D1} = (v_{D1} / 4,044)^2 = (20,71 / 4,044)^2 \text{ mmH}_2\text{O} = 26,23 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$h_{D2} = (v_{D2} / 4,044)^2 = (22,781 / 4,044)^2 \text{ mmH}_2\text{O} = 31,74 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Presión dinámica a la salida del nudo:

$$h_{DD} = (Q_1 \cdot h_{D1} + Q_2 \cdot h_{D2}) / (Q_1 + Q_2)$$

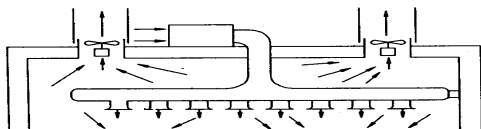
$$h_{DD} = (8,43 \cdot 26,23 + 9,7 \cdot 31,74) / (8,43 + 9,7) \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$h_{DD} = 29,18 \text{ mmH}_2\text{O}$$

7) Ventilación General

- a) En un Galpón de 40m x 50 m x 4m , se llevan a cabo operaciones dispersas que generan en su conjunto una emisión de 350 mg/s de acetato de ter butilo – CMP 200 ppm.

Si la generación del contaminante se puede considerar moderadamente no uniforme y la posibilidad de la inyección/aspiración de aire se puede esquematizar en esta figura



Calcule el Caudal de Renovación de aire para una ventilación General Forzada.

$$Q = G/C \text{ (m}^3/\text{s)}$$

G: velocidad de emisión (mg/s)

C: Concentración Máxima Permitida (mg/m³)

Peso Molecular C₆H₁₂O₂ = 12 . 6 + 1 . 12 + 16 . 2

Peso Molecular C₆H₁₂O₂ = 116

C (mg/m³) = C (ppm) . Peso Molecular / 24,45

C (mg/m³) = 200 . 116 / 24,45 mg/m³ = 947 mg/m³

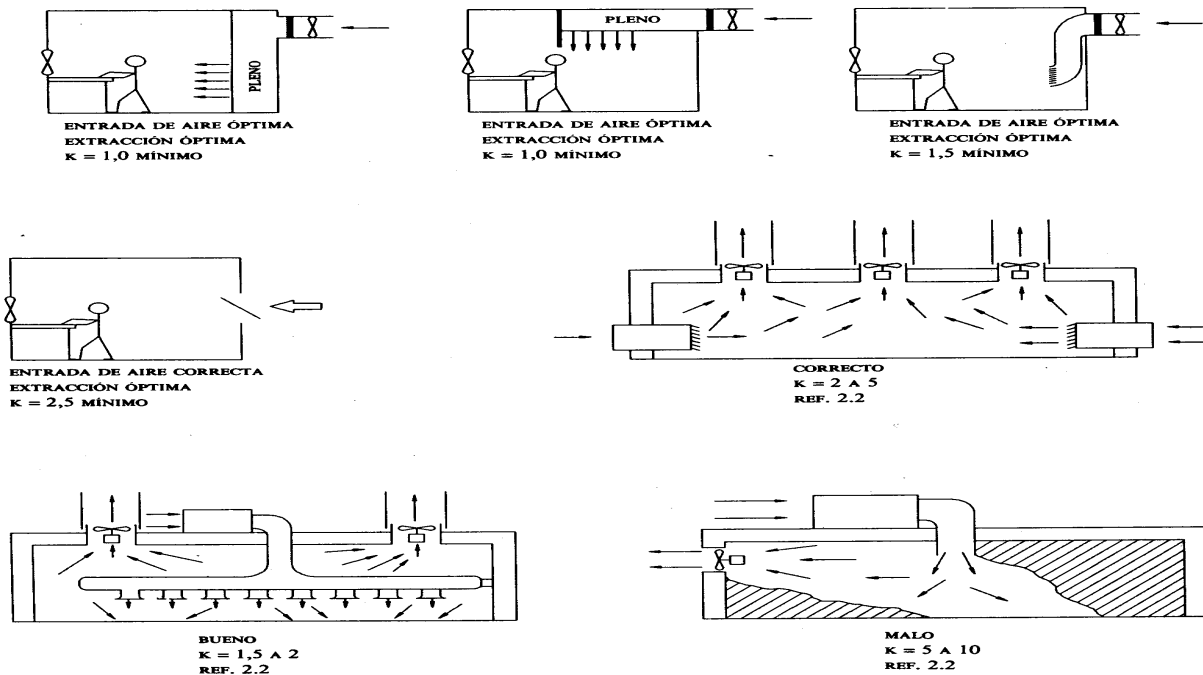
Q = G/C (m³/s) = 350 mg/s / 947 mg/m³ = 0,37 m³/s

Q_{renov} = K . Q

K: factor que sale del esquema y la tabla adjunta. Se toma el mayor de ambos.

<u>VALORES ACONSEJABLES PARA EL FACTOR DE SEGURIDAD "K"</u>			
Tipo de producción del contaminante Toxicidad del contaminante	Uniforme	Moderadamente no uniforme	Altamente no uniforme
Ligeramente tóxico (CMP > 500 ppm)	1,5 a 3	3 a 5	5 a 7
Moderadamente tóxico (100 < CMP < 500 ppm)	3 a 5	5 a 7	7 a 10

VALORES DE "K" SUGERIDOS PARA DISTINTAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL AIRE



NOTA: LOS VALORES DE K INDICADOS TIENEN SÓLO EN CUENTA LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL AIRE, Y SON ORIENTATIVOS. PARA ELEGIR EL VALOR DE K A EMPLEAR EN LA ECUACIÓN DEBE TENERSE TAMBIÉN EN CUENTA EL NÚMERO Y SITUACIÓN DE LOS TRABAJADORES, EL POCO DE CONTAMINANTE Y LA TOXICIDAD DEL MISMO.

$$Q_{\text{renov}} = K \cdot Q$$

K: entre 5 y 7 según la tabla, adoptamos 6

$$Q_{\text{renov}} = 6 \cdot 0,37 \text{ m}^3/\text{s} = 2,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{renov}} = 2,22 \text{ m}^3/\text{s} = 7792 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Número renovaciones} = Q_{\text{renov}} / \text{Volumen local}$$

$$\text{Número renovaciones} = 2,22 \text{ m}^3/\text{s} / (40 \text{ m} \cdot 50 \text{ m} \cdot 4\text{m})$$

$$\text{Número renovaciones} = 0,0002775 / \text{s}$$

$$\text{Número renovaciones} = 1 / \text{hora}$$

b) Estime las renovaciones por hora que adoptaría, empleando la Tabla a tal efecto; para un taller de manufactura general cuyo local tiene una altura

HIGIENE INDUSTRIAL - VENTILACIÓN EJERCICIOS

típica y el número de fuentes de emisión/área es el doble de la standard para este tipo de actividades.

De la tabla surge para el caso que nos ocupa que las renovaciones por hora van entre 6 y 8, pero al ser el doble las fuentes de emisión por área debemos duplicar estos valores de acuerdo a lo recomendado para conservar la proporcionalidad. En consecuencia, adoptamos:

$$\text{Renovaciones/hora}_{\text{MANUF GRAL}} = 2 \cdot 7 = 14$$

ACTIVIDAD	N° de renovaciones por hora
Almacenes	2 a 6
Bares y cantinas	8 a 12
Cines	10 a 15
Cocinas comerciales	15 a 20
Cría de animales	3 a 9
Embotelladoras (zona de lavadoras)	10 a 15
Embotelladoras (zona de pasteurizado)	12 a 16
Fábricas de papel	8 a 20
Fábricas de vidrio (hornos)	30 a 50
Fábricas de vidrio (máquinas)	20 a 40
Forja en caliente	18 a 30
Forja en frío	6 a 8
Fundiciones livianas	12 a 15
Fundiciones pesadas	18 a 25
Garajes	4 a 8
Iglesias	1 a 2
Manufactura general	6 a 8
Mataderos	10 a 15
Naves de calderas	20 a 30
Pabellones polideportivos	2 a 4
Salas de baile	12 a 16
Talleres de pintura	30 a 60
Talleres mecánicos	4 a 8
Tintorerías (zona de limpieza)	10 a 20
Tintorerías (zona de planchado)	20 a 30
Tratamientos químicos	15 a 25
Tratamientos térmicos	20 a 40
Trenes de laminación	15 a 20

c) De acuerdo a la Tabla de ventilación mínima de los locales que se fija en el artículo 66 del Dto 351/79.

¿Cuál sería el Caudal por metro cúbico/h/persona; para un local con actividad moderada, de 100 m³ y que alberga 10 personas?

Siendo el cubaje por persona 100/10 m³ = **10 m³** interpolamos los valores de la tabla de 9 y 12 m³/persona. Al respecto tenemos, 31 m³/h/persona y 23 m³/h/persona, resulta:

$$Q_{m^3/h/persona} = 26 m^3/h/persona$$

<u>VENTILACIÓN MÍNIMA REQUERIDA EN FUNCIÓN DEL</u>		
<u>NÚMERO DE OCUPANTES</u>		
PARA ACTIVIDAD SEDENTARIA		
Cantidad de personas	Cubaje del local en m ³ por persona	Caudal de aire necesario en m ³ por hora y por persona
1	3	43
1	6	29
1	9	21
1	12	15
1	15	12
PARA ACTIVIDAD MODERADA		
Cantidad de personas	Cubaje del local en m ³ por persona	Caudal de aire necesario en m ³ por hora y por persona
1	3	65
1	6	43
1	9	31
1	12	23
1	15	18