



GONZÁLEZ FERRADÁS, E.;
MIÑAZA AZNAR, A.;
BAEZA CARACENA, A., y
MORALES MATEO, F.

*Departamento de Ingeniería Química.
Universidad de Murcia*

MARZAL MARTÍNEZ, F. J.
*Departamento de Ingeniería Mecánica y
Energética. Universidad de Murcia.*

Influencia de la longitud de los baños de tratamiento de superficies en la eficacia de los sistemas de ventilación

SUMARIO

Para efectuar este trabajo se ha usado una instalación piloto, realizada a escala. La emisión de gases, nieblas y vapores ácidos emitidos por los baños industriales se ha simulado. De esta forma se han podido ensayar diferentes configuraciones, variando y combinando las condiciones geométricas y de trabajo. La eficacia de la captación de contaminantes se determinó usando aspiración en ambos laterales y técnicas de push-pull. En todos los casos se han realizado determinaciones cuantitativas, usando $F_6 S$ como gas trazador.

Palabras clave: Higiene industrial, baños de tratamiento, sistemas de ventilación.

INTRODUCCIÓN

Como es sabido, los sistemas de ventilación por extracción localizada permiten la captación de los contaminantes emitidos desde la fuente generadora, reduciendo significativamente sus incidencias en el medio laboral (ACGIH, 1992). No obstante, es preciso complementar este sistema con la ventilación general del recinto para eliminar los contaminantes residuales no captados.

Respecto a los baños de tratamiento de superficies, el elemento primario de captación puede ser envolvente del foco emisor, receptor de emisiones direccionales o captador por generación de flujos de aspiración. En estos últimos, aunque de geometría sencilla (Fig. 1), la pronunciada y rápida caída de las velocidades de aire provocadas por el sistema, conforme aumenta la distancia a la entrada de aspiración, los convierte en los de menor eficacia.

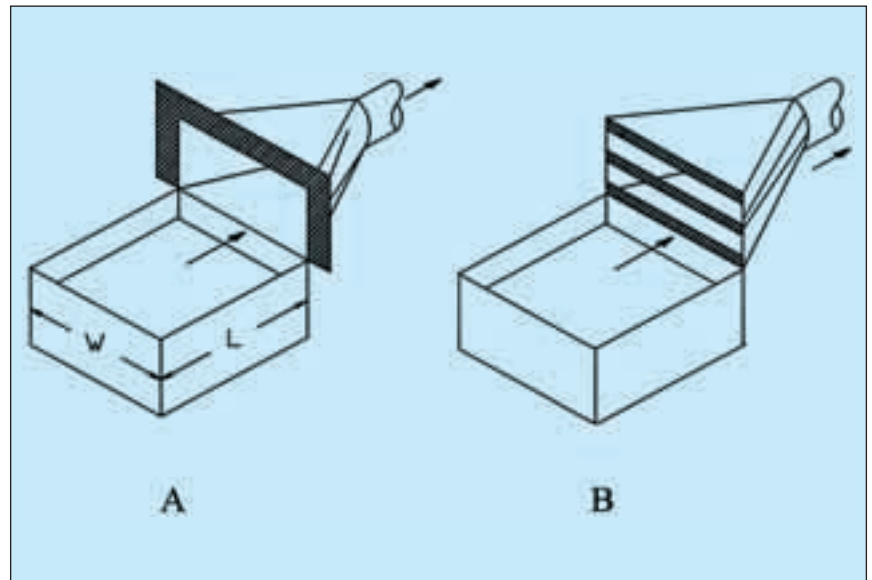
Cuando la longitud del baño es superior a 1,0 o 1,2 m conviene emplear sistemas de impulsión-aspiración (Hugues, 1990). En este caso se impulsa una corriente de aire desde el extremo de la fuente que arrastra las emisiones hacia el elemento de captación lateral (Fig. 2).

La emisión está controlada esencialmente por el chorro de impulsión (Klein, 1987), mientras que la función de la campana de aspiración es doble: receptora y captadora. En este trabajo se describe una instalación piloto diseñada para estudiar la influencia de las distintas variables en la eficacia de captación, utilizando hexafluoruro de azufre como gas trazador que se inyecta en la superficie del baño (Woods y McKarns, 1995; Niemela et al., 1991). También se dispone de generadores de humo para visualizar las corrientes de aire en el baño.

INSTALACIÓN PILOTO

La Figura 3 representa el esquema general de la instalación piloto, que permite distinguir tres zonas claramente diferenciadas: el sistema de impulsión (1), donde se genera la cortina de aire que arrastra los contaminantes emitidos por el baño de tratamiento

FIGURA 1. Captaciones laterales en baños. A: Entrada simple con baffle. B: Entrada tipo rendija.



En la captación lateral, el incremento de la longitud del baño o de su temperatura obliga a aumentar los caudales de aspiración para conseguir el mismo nivel de eficacia.

superficial (2), facilitando su acceso al sistema de aspiración (3), donde son evacuados al exterior.

Sistema de impulsión

La cortina de aire, uniformemente distribuida, recorre la superficie del baño y tiene su origen en el conducto de aspiración del sistema de impulsión (Fig. 4). El humo procedente de un generador Rosco 1500 es aspirado por el ventilador (Fig. 3, 1e), lo que permite visualizar el flujo que discurre por la superficie del baño.

El aire de impulsión procede de un ventilador centrífugo SP CB-130 de 1.100 w de potencia, 2.800 r.p.m. y caudal máximo 0,4 m³/s, con velocidad de giro regulada. La forma cons-

FIGURA 2. Sistema de ventilación por impulsión-aspiración.

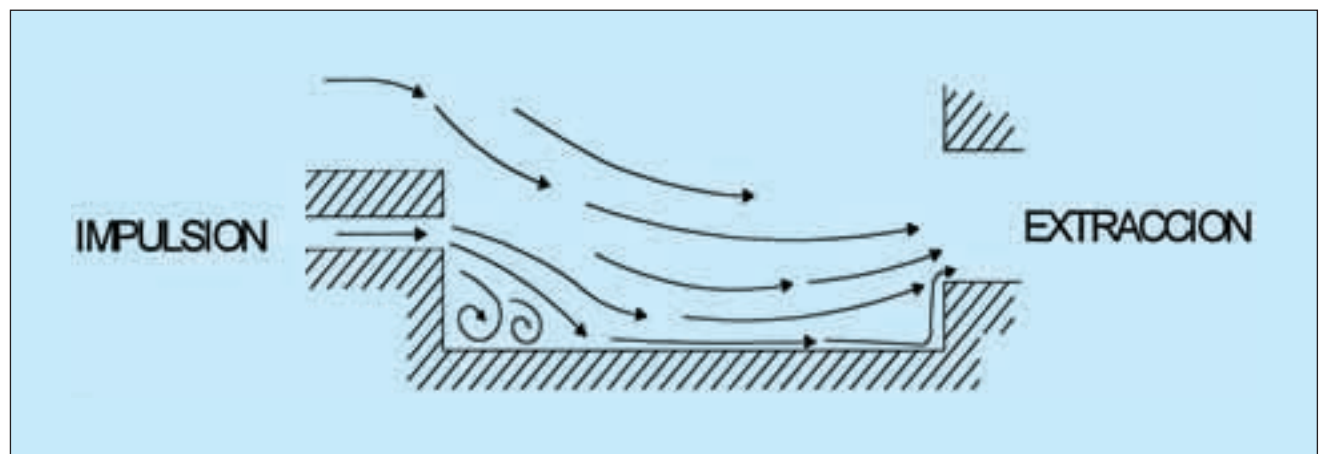


FIGURA 3. Esquema general de la instalación piloto.

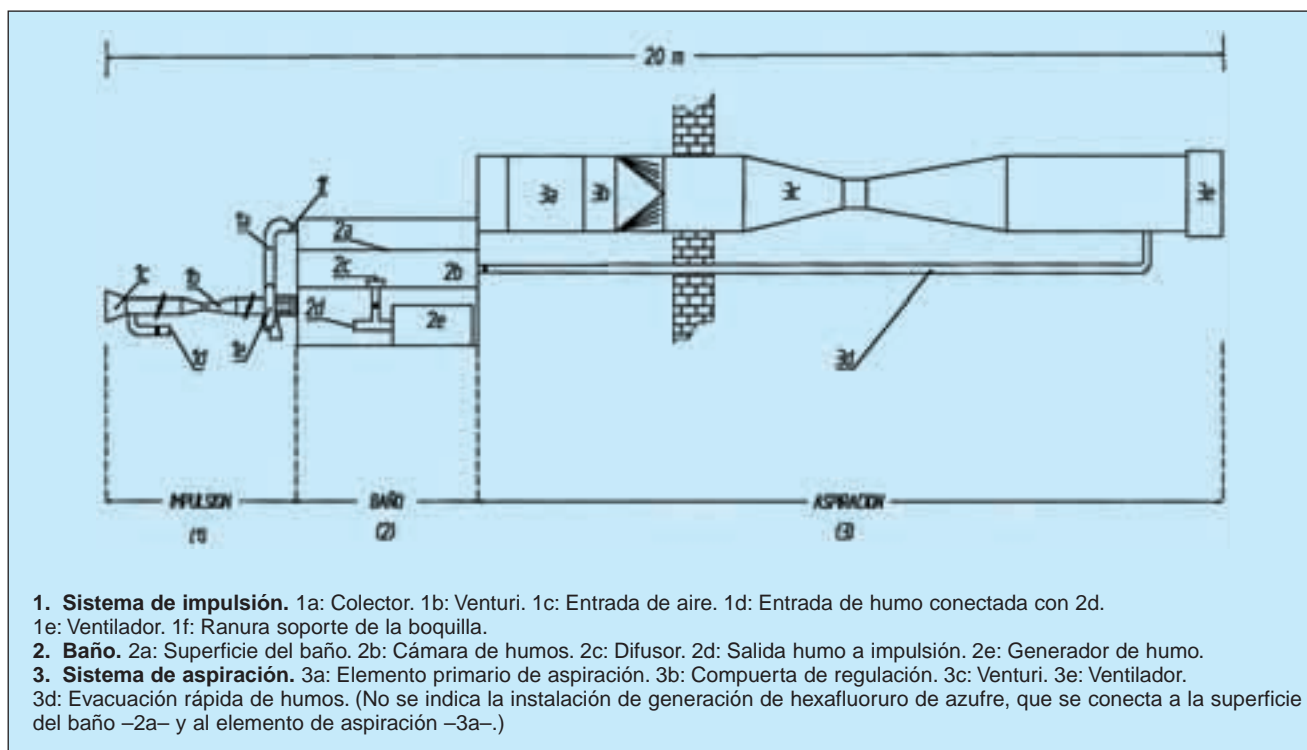


FIGURA 4. Conducto de aspiración de la impulsión.

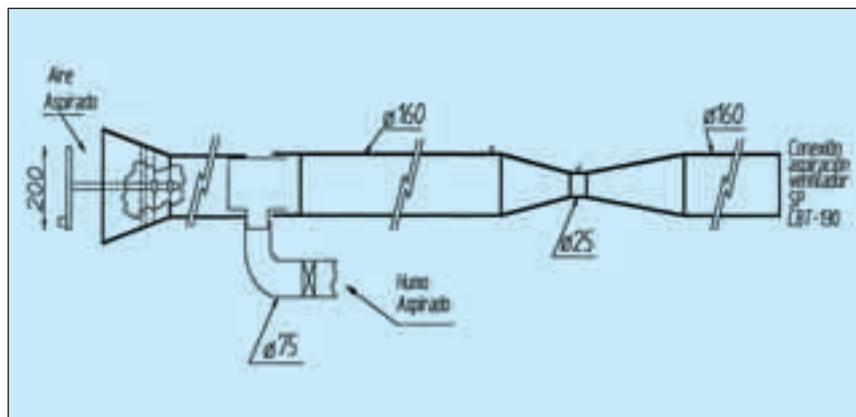
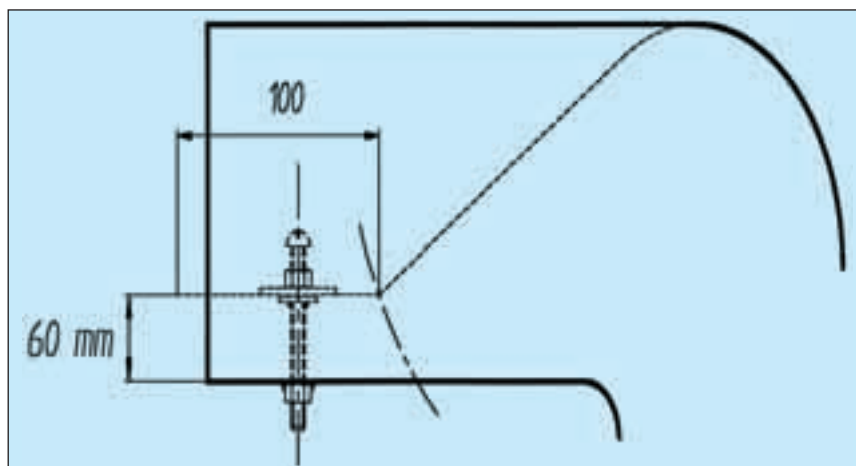


FIGURA 5. Ranura soporte de la boquilla de impulsión.



tructiva del colector, provisto de álabes directrices, dirige, reorienta y distribuye el aire hacia la ranura (Fig. 5), que soporta una boquilla tubular de 50 mm de diámetro, provista de 53 orificios de 20 mm de diámetro e inclinada 45° con respecto a la horizontal.

Baño de tratamiento de superficies

En él se simula el proceso que genera la fuente superficial de contaminante (Fig. 6). Construido sobre la base de una estructura de angulares y apoyado sobre ruedas que se deslizan sobre raíles, permite su movimiento unidireccional bajo el elemento primario de captación, posibilitando el estudio de tres longitudes diferentes: 1,20, 1,50 y 1,80 m. Una red de distribución situada por debajo de su superficie se alimenta con gas trazador -hexafluoruro de azufre (Fig. 7).

Cada uno de los 460 orificios de la superficie del baño dispone de una obstrucción idéntica -agujas hipodérmicas de 0,5 mm de diámetro- que permite una distribución uniforme de los caudales del trazador. En las experiencias previas de diseño, el humo también podía ser introducido en la cámara inferior de la superficie del baño (Fig. 3, 2c), posibilitando la visualización de los penachos emergentes.

Cuando la longitud del baño es superior a 1,0 o 1,2 m, conviene emplear sistemas de impulsión-aspiración; en ellos la emisión está controlada esencialmente por el chorro de impulsión.

FIGURA 6. Movimiento unidireccional del baño sobre carriles guía.

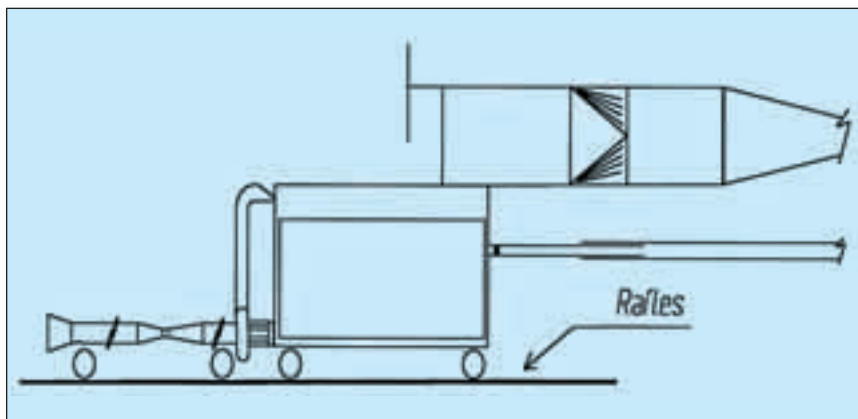


FIGURA 7. Orificios de la superficie del baño.

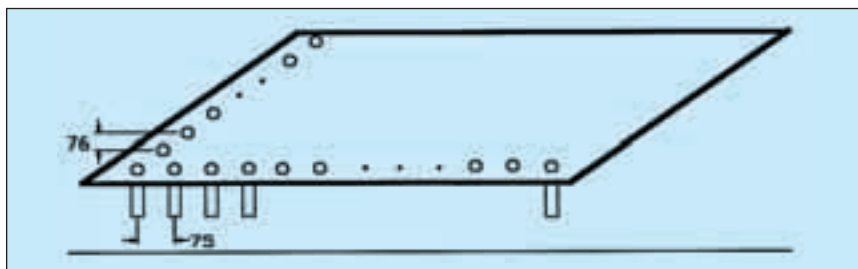


FIGURA 8. Detalle de una de las regletas y situación de la resistencia eléctrica.

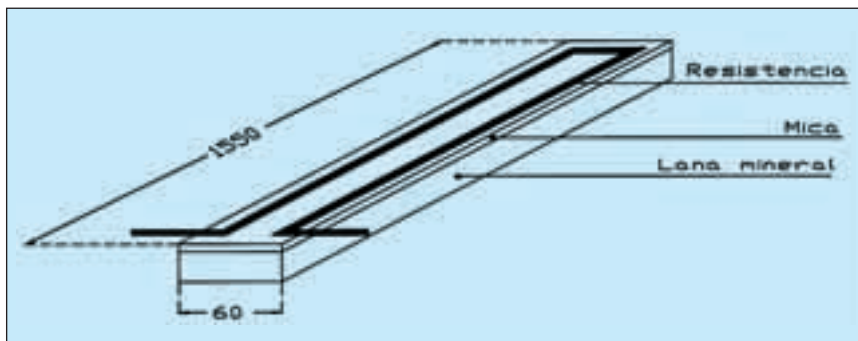
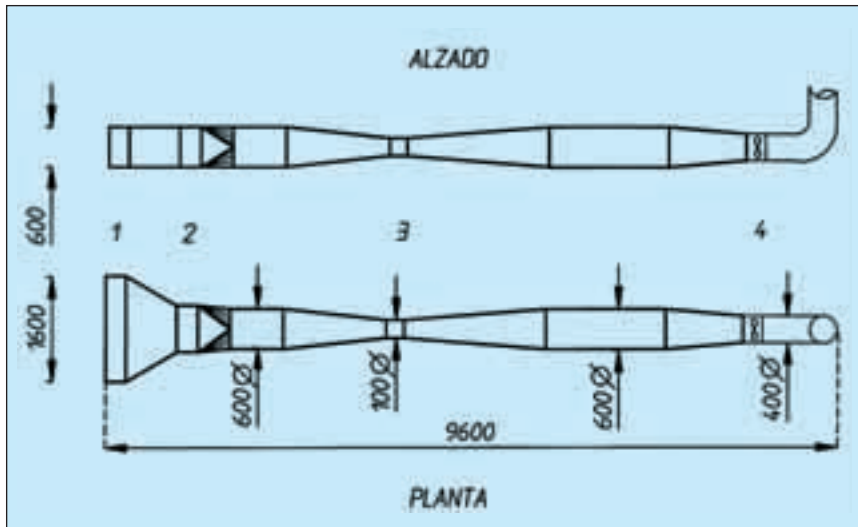


FIGURA 9. Elementos constitutivos del sistema de aspiración.



Un sistema de resistencias eléctricas de 6.000 W acopladas en serie, montadas sobre regletas (Fig. 8), permite el calentamiento superficial del baño desde la temperatura ambiente hasta 100 °C. La temperatura de calefacción se controla mediante un regulador digital E5CS-X de Omron, que mantiene la temperatura deseada. El conjunto está cubierto por una lámina de mica perforada, que mantiene uniforme la temperatura sobre la superficie.

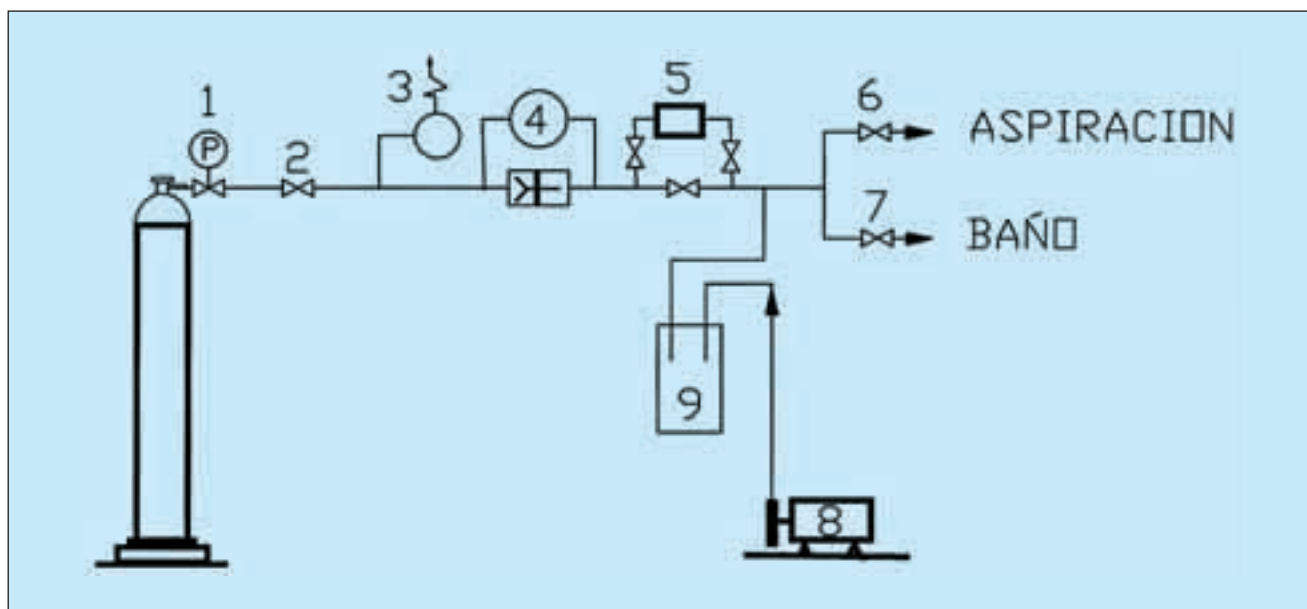
Sistema de aspiración

Es el encargado de recibir el flujo de contaminante emitido por el baño (Fig. 9). La forma constructiva del elemento primario (1) favorece la adecuada uniformidad de velocidades de aspiración. Una compuerta de regulación del tipo SF GO de Diter (2), conectada a un venturi (3) que, previo calibrado, permite conocer en cada instante, el caudal de aspiración, generado por un ventilador helicoidal tubular SP TBT/2-400 de 1.500 w de potencia, 2.800 r.p.m. y caudal máximo de 2,5 m³/s, cuya velocidad de giro se regula con un variador de frecuencia Agut VAT-2FC (4).

Control de concentraciones de gas trazador

El hexafluoruro de azufre procede de una botella que lo mantiene licuado (Fig. 10), controlándose la presión en la línea (1 bar) con un manoreduc-

FIGURA 10. Esquema del equipo para generar un caudal constante de gas trazador.



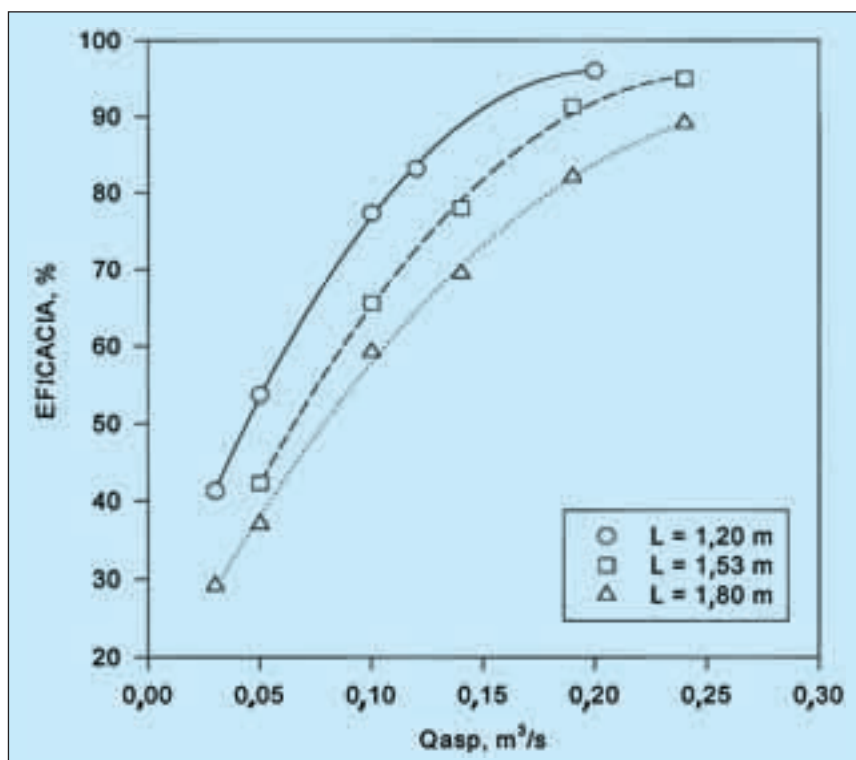
tor (1). El caudal de aire se regula mediante una válvula de aguja Nupro, serie S, de Swagelok (2). Un manómetro de vidrio en U, conteniendo agua, actúa de válvula de seguridad (3) para prevenir sobrepresiones en la línea. La diferencia de presiones provocada por una obstrucción –aguja hipodérmica– permite la indicación continua

de flujo mediante su conexión a un manómetro diferencial Magnehelic (4). El contrastado del mencionado indicador se realiza con un caudalímetro electrónico de burbuja Gilian (5). El caudal de hexafluoruro de azufre se mezcla con otro de aire (20 l/min) procedente de una bomba de membrana Millipore (8), lo que permite disminuir

el tiempo de estabilización de concentraciones en la línea. La botella (9) actúa de amortiguador de pulsaciones de la bomba. Posteriormente, la bifurcación permite enviar el gas directamente al interior del elemento primario de captación (6), o a la red de distribución que alimenta a los orificios de la superficie del baño (7).

Utilizando como gas trazador hexafluoruro de azufre, que se inyecta en la superficie del baño, se puede determinar la eficacia de captación.

FIGURA 11. Influencia de la longitud de baño en la captación por aspiración: H = 30 cm T = 50 °C.



Espectrofotómetro de infrarrojos y otros equipos

La determinación de concentraciones del gas trazador se realiza mediante un espectrofotómetro de infrarrojos Bruel & Kjaer, modelo 1302, situado antes del ventilador de aspiración (4) en la Fig. 9-. Las medidas de la velocidad del aire se efectúan con un termoanemómetro Alnor GGA-65P Compuflow, y las presiones, con manómetros digitales Digitron modelo P200-UL. La descontaminación interior de la nave se realiza con 6 ventiladores portátiles de 300 w, manteniendo abiertas las ventanas de la nave. Esporádicamente se utilizan tubos de humo Dräger para visualizar los flujos.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para determinar la eficacia de captación en cada caso de los ensayos efectuados se procede a la medida de la concentración de hexafluoruro de azufre en la tubería de aspiración. La concentración, cuando en caudal de trazador se introduce en el baño, C_b , se compara con la de referencia, C_r , obtenida al introducir el caudal de trazador en el elemento de captación, determinándose la eficacia, E , mediante:

$$E = \frac{C_b}{C_r} \cdot 100$$

[Ec.1.]

La visualización de los distintos flujos involucrados se realiza mediante el empleo de un generador de humo.

FIGURA 12. Influencia de la longitud de baño en la captación por aspiración: $H = 30 \text{ cm}$ $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

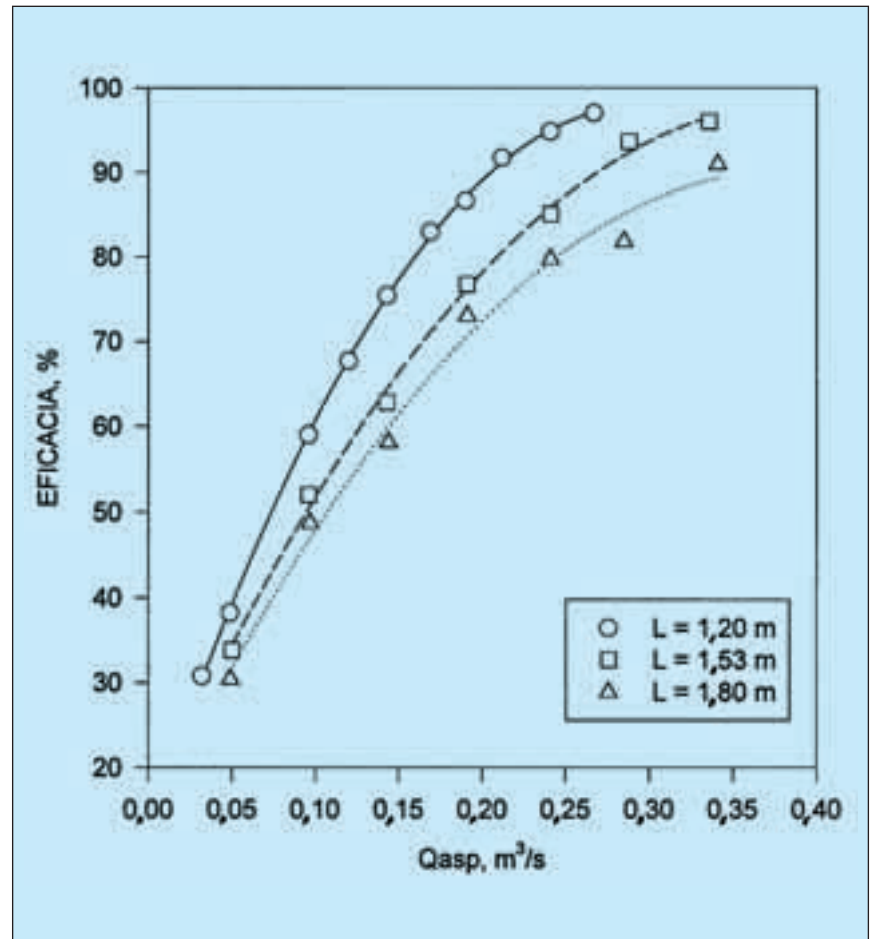
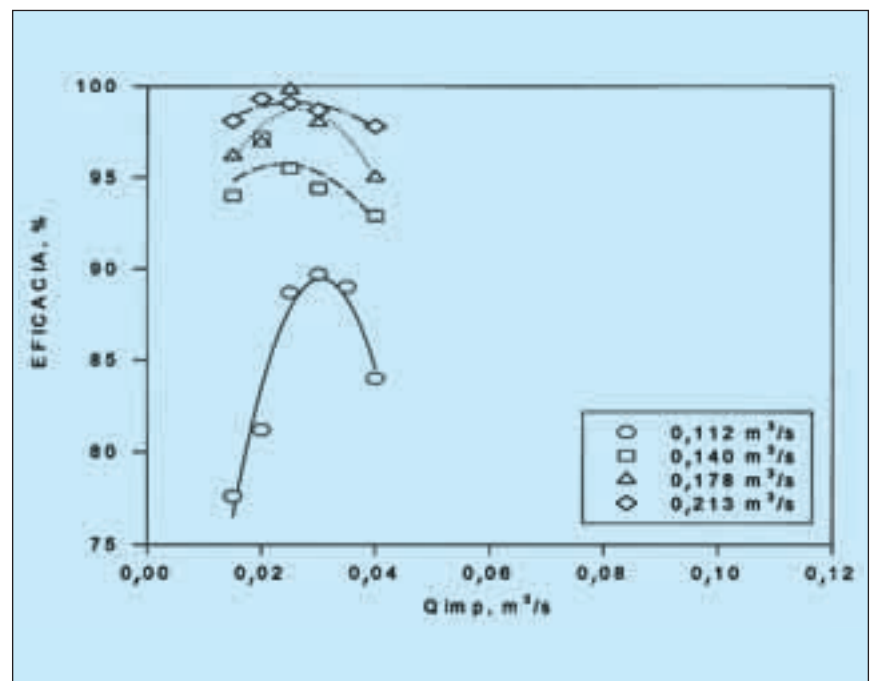


FIGURA 13. Eficacias de captación en función del caudal de impulsión para diferentes caudales de aspiración: $L = 1,53 \text{ m}$, $H = 30 \text{ cm}$ y $T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$.



Los sistemas de ventilación por extracción localizada permiten la captación de los contaminantes emitidos desde la fuente generadora, reduciendo significativamente sus incidencias en el medio laboral.

aumentar los caudales de aspiración para conseguir el mismo nivel de eficacia. Un comportamiento similar se presenta al aumentar la temperatura de operación, como se indica en la Figura 12.

Eficacia del sistema de impulsión-aspiración

Para cada longitud de baño se realizaron experiencias similares a las anteriores, utilizando el sistema de impulsión-aspiración. Para la longitud de baño de 1,53 m, se utiliza un rango de caudales de impulsión comprendido entre 0,015 y 0,04 m³/s, y de aspiración, entre 0,112 y 0,213 m³/s. La Figura 13 muestra los resultados obtenidos.

Comparando estos resultados respecto a los obtenidos en la captación lateral (Fig. 11) se observa una significativa disminución del caudal de aspiración para los mismos valores de eficacia. Así, para el caudal a partir del cual en captación por aspiración se alcanza la eficacia del 90 por 100, esto es 0,2 m³/s, se reduce ahora a casi la mitad (0,112 m³/s) con la ayuda de uno de impulsión de 0,03 m³/s. Al operar con caudales de aspiración similares a los utilizados en captación lateral (0,213 m³/s) se observa un aumento de la eficacia en el sistema de impulsión-aspiración dentro del intervalo de caudales de impulsión utilizados (de

En impulsión-aspiración se observa una reducción hasta casi la mitad del caudal de aspiración para los mismos valores de eficacia y una mayor estabilidad frente a las inevitables corrientes laterales que se presentan en los recintos industriales.

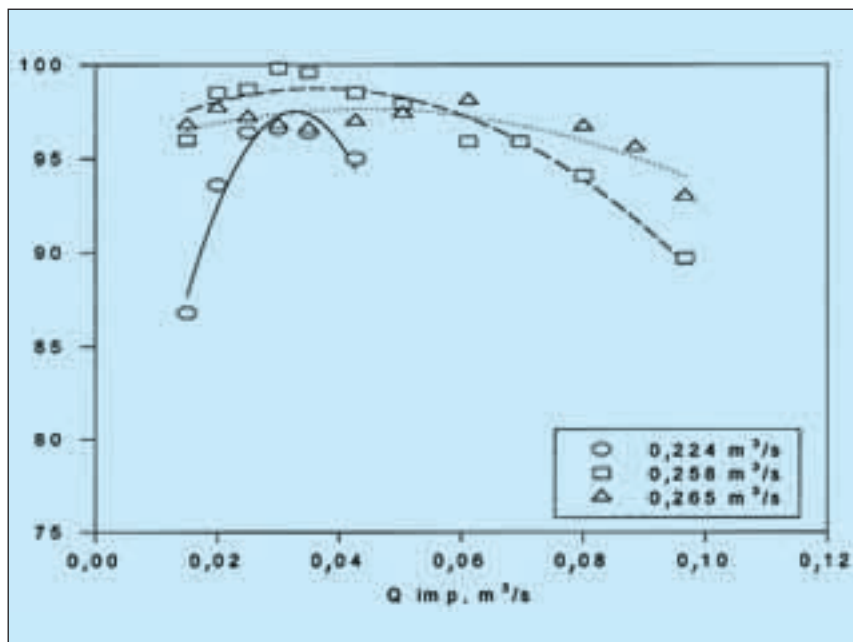
Eficacia de captación del sistema de simple aspiración

Se parte de una disposición en la que, para cada longitud de baño (1,20, 1,53 y 1,80 m), la altura de la ranura de aspiración es de 30 cm, y la temperatura superficial, de 50 °C. En la Figura 11 se representan los resultados obtenidos.

Como puede observarse, el incremento de la longitud del baño obliga a

0,015 a 0,04 m³/s). Además, este último sistema muestra mayor estabilidad frente a las inevitables corrientes laterales que se presentan en los recintos reales. El comportamiento anteriormente señalado se manifiesta también para baños con superior longitud (1,80 m) como se observa al comparar las Figuras 11 y 14.

FIGURA 14. Eficacias de captación en función del caudal de impulsión para diferentes caudales de aspiración: L = 1,80 m, H = 30 cm y T = 50 °C.



REFERENCIAS

- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH) (1992): *Ventilación Industrial. Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales*, 1.ª edición en español. Generalitat Valenciana. Direcció General de Treball.
- HUGHES, R. T. (1990): «An overview of push-pull ventilation characteristics», *Applied Occupational Environment Hygiene*, Vol. 3, pp. 156-161.
- Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) (1989): *Guide pratique de ventilation. 1. L'assainissement de l'air des locaux de travail*. 30, Rue Olivier-Noyer 75680 Paris Cedex 14.
- KLEIN, M. K. (1987): «A demonstration of NIOSH push-pull ventilation criteria», *American Insutrial Hygiene Association Journal*, Vol. 3, pp. 238-246.
- NIEMELA, R.; LEFEBVRE, A.; MULLER, J. P., y AUBERTIN, G. (1991): «Comparison of three tracer gas for determining ventilation effectiveness and capture efficiency», *Annals of Occupational Hygiene*, Vol. 35, n.º 4, pp. 405-417.
- WOODS, J. N., y MCKARNS, J. S. (1995): «Evaluation of capture efficiencies of large push-pull ventilation systems with both visual and tracer techniques», *American Industrial Hygiene Association Journal*, Vol. 12, pp. 1.208-1.214.