

NTP 373: La ventilación general en el laboratorio



La ventilation général dans le laboratoire
General ventilation in the laboratory

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Carlos Heras Cobo
Licenciado en Ciencias Químicas
GABINETE TÉCNICO PROVINCIAL DE ZARAGOZA

Xavier Guardino Solá
Dr. en Ciencias Químicas
CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Tres pueden considerarse las funciones básicas del acondicionamiento del aire en un laboratorio: el control y ajuste de las condiciones termohigrométricas, la renovación del aire existente, con la correspondiente dilución y evacuación (únicamente hasta un cierto grado) de los contaminantes presentes en el mismo y, finalmente, el mantenimiento de una situación adecuada de corrientes de aire en el sentido de que éste circule siempre desde el lugar menos contaminado hacia el más contaminado, manteniendo en depresión las zonas más contaminadas así como el conjunto del laboratorio cuando éste se halle en un edificio compartiendo otras instalaciones. Menores prestaciones se obtienen mediante sistemas de ventilación o renovación de aire, puesto que con ellos no se modifican sustancialmente las condiciones termohigrométricas. Conviene recordar aquí que los riesgos químicos o biológicos deben resolverse previamente a la consideración de cualquiera de los sistemas sobre los que se tratará a continuación.

Acondicionamiento ambiental del laboratorio

El propósito del acondicionamiento del aire es obtener una situación de confort termohigrométrico para el personal ubicado en un área, salvo en aquellas situaciones que requieran determinadas condiciones de temperatura o humedad, en cuyo caso estos parámetros vendrán fijados por criterios diferentes al confort. El ambiente general del laboratorio puede ser acondicionado actuando sobre la temperatura, la humedad relativa, el índice de ventilación y la humedad del aire, teniendo en cuenta los condicionantes propios del laboratorio. En el caso en que el laboratorio se halle integrado en un edificio y comparta con otras instalaciones un sistema general de aire acondicionado, a la propia dificultad de acondicionar adecuadamente el laboratorio, se añaden otros problemas: la propagación de un posible incendio y la dispersión de contaminaciones residuales del laboratorio hacia instalaciones anexas.

Por todo ello, la recomendación básica al diseñar un sistema de acondicionamiento para un laboratorio, es que tal sistema sea independiente y exclusivo. Partiendo de esta base, y sin entrar en detalles de cálculo ni constructivos, se comentan algunos aspectos que deben ser tenidos en cuenta en el proyecto.

Características específicas del laboratorio

El proyecto del acondicionamiento ambiental para el laboratorio debe considerar ciertas peculiaridades que han de influir notablemente en el diseño de los sistemas. Las más relevantes en este sentido son las posibles situaciones termohigrométricas generadas por la propia actividad del laboratorio, los focos de calor existentes los sistemas de extracción localizada de contaminantes, la posible contaminación química y la existencia de áreas de actividades específicas.

Situaciones termohigrométricas

En principio, las situaciones más apartadas del confort termohigrométrico que pueden plantearse en los laboratorios vendrán determinadas por las condiciones externas y por determinadas instalaciones propias, tales como focos de calor o instalaciones frigoríficas. Las condiciones más inconfortables suelen presentarse en épocas estivales, durante la realización de ciertas tareas o técnicas que impliquen la utilización de focos de calor directos o indirectos. Estas situaciones provocarán el manifiesto disconfort del operador y una mayor predisposición a los errores. Por otro lado, unas condiciones térmicas sensiblemente apartadas de las «normales» pueden ser el origen de errores metodológicos.

No son frecuentes las situaciones de disconfort creadas por bajas temperaturas en épocas invernales, puesto que, aunque se carezca

de sistemas acondicionadores, siempre estarán presentes algunos elementos o aparatos calefactores. En estos casos es necesario llamar la atención sobre los riesgos de incendio, explosión y contactos eléctricos que pueden introducir en el laboratorio las unidades eléctricas de calefacción, desaconsejándolas absolutamente.

Por otra parte, si el laboratorio dispone de recintos frigoríficos para conservar o almacenar muestras o materiales, el personal pasará bruscamente de situaciones termohigrométricas convencionales a otras que pueden alcanzar varios grados por debajo de cero. En tales casos, además del lógico equipamiento mediante prendas de abrigo, es conveniente que el área inmediata al acceso de estas instalaciones frigoríficas, se encuentre en situación de adaptación termohigrométrica.

Focos de calor

El sistema de aire acondicionado deberá ser capaz de disipar eficazmente la energía liberada por los distintos focos de calor existentes en el laboratorio: estufas, autoclaves, muflas, mecheros, placas, baños y mantas calefactoras, motores, etc., además de los instrumentos analíticos que trabajen a temperatura elevada, como pueden ser espectrofotómetros de absorción atómica, cromatógrafos de gases, etc.

Sistemas de extracción

Los sistemas de extracción localizada del laboratorio (vitrinas de gases, cabinas de seguridad biológica, campanas), retiran al exterior un considerable volumen de aire, que es sustraído directamente del propio laboratorio. Son muy considerables las pérdidas de energía (calor en invierno y frío en verano) que provocan las mencionadas extracciones, debiéndose prever, en el proyecto del acondicionamiento de aire, los suministros adicionales de aire tratado que compensen tales pérdidas.

Contaminación química

Como ya se indicara con anterioridad, deberá resolverse previa y satisfactoriamente todo tipo de contaminación generada en el laboratorio, si se pretenden mantener las prestaciones del futuro sistema de acondicionamiento de aire. En efecto, si en el laboratorio se presentan episodios de contaminación no resueltos por los sistemas de extracción localizada existentes, se recurre a extractores implantados en muros o ventanas, o bien a la apertura de éstas e incluso de las puertas. Además de lo dudoso e inadecuado de tales recursos, se produciría la descompensación del sistema acondicionador así como una posible contaminación de zonas anexas.

Áreas específicas

Dependiendo del tamaño del laboratorio y de sus líneas de trabajo, es frecuente encontrar distintas zonas o áreas especializadas en diversas actividades: sala de balanzas, de instrumental, zona común, zonas «limpias», almacén, etc.. Es obvio que todas estas áreas específicas no requieren las mismas exigencias. Si además se cuenta con zonas específicamente dedicadas a estufas, baños de agua, ataques en caliente, u otras actividades que requieran fuertes aportes energéticos, el acondicionamiento de semejantes áreas deberá presentar especiales características.

Los aspectos recién expuestos deberán orientar las especificaciones más rigurosas en el proyecto del sistema acondicionador. Será necesario pues, un conocimiento detallado de todos y cada uno de los aspectos mencionados, además de prever futuras necesidades dentro de un orden razonable.

Planteamiento general del sistema de aire acondicionado de un laboratorio

La función del sistema acondicionador es crear un clima interior artificial, modificando los parámetros que, a consecuencia de las condiciones externas y las energéticas del interior, acabarían imponiéndose en el laboratorio.

Por todo lo expuesto en el apartado anterior, el sistema de aire acondicionado debe ser capaz de disipar la energía desprendida en las distintas áreas del laboratorio, de generar y mantener un clima adecuado en cada una de ellas, y, finalmente, de compensar con aire limpio y tratado, todo el volumen de aire retirado por los sistemas extractores.

Siempre desde el punto de vista del acondicionamiento del aire, puntualizando aspectos ya contemplados y considerando ciertas circunstancias habituales del laboratorio -que ya deberá tener controlados los posibles riesgos químicos y biológicos-, éste presentaría definitivamente las siguientes características:

- Habitualmente, bajo nivel de ocupación de personal.
- Elevado número de equipos generadores de calor.
- Parte de los equipos generan más calor latente que sensible.
- Bajo índice de utilización simultánea de equipos.
- Elevado volumen de aire evacuado por las extracciones.
- Áreas en las que debe limitarse el movimiento de aire.
- Zonas de diferente exigencia.
- Posible existencia de zonas «limpias».

Si se tienen en cuenta estos puntos, y reiterando que el sistema de aire acondicionado del laboratorio debe ser independiente del sistema general del edificio, se concluirá lo siguiente: en la mayor parte de los casos, el adecuado tratamiento de las condiciones termohigrométricas en el laboratorio exigirá la instalación de unidades climatizadoras independientes, al menos en determinadas zonas. Estas unidades independientes deberán conectarse a termostatos, de modo que puedan entrar en funcionamiento «a demanda», lo cual procurará un ambiente adecuado, a un coste razonable, aun en zonas problemáticas. Por ello, si el laboratorio se encuentra sectorizado, aunque sea parcialmente, se facilitará considerablemente el tratamiento particularizado de las distintas zonas. También es útil disponer de unidades independientes para mantener unos mínimos de climatización cuando no se encuentre en

funcionamiento el sistema general del laboratorio (por ejemplo, fuera del horario laboral).

Disipación de energía

Para el cálculo de la disipación de energía que debe conseguir el acondicionamiento, habrá que tener en cuenta las Kcal/hora que los distintos equipos pueden desprender al ambiente. Las especificaciones técnicas de tales equipos incluyen su potencia, de modo que un sencillo cálculo permite obtener el aporte de calor al ambiente. En el caso de los mecheros, los cálculos pueden basarse en los siguientes datos: un tipo Bunsen de pequeño tamaño (11 mm de diámetro), quemando gas de red, puede aportar del orden de 250 Kcal/h de calor sensible, triplicándose este aporte cuando el quemador del mechero es de gran tamaño (38 mm de diámetro). Habitualmente, el aporte de calor latente es mínimo, pero no ocurre así en procesos evaporativos (baños de agua por ejemplo), en donde el aporte fundamental de calor al ambiente vendrá dado por el calor latente. Una vez obtenidos los datos de aporte de calor de los equipos disponibles, en el caso en que varios de ellos se encuentren en la misma zona, debe estimarse el índice de simultaneidad en la utilización de los mismos, con el fin de obtener un valor medio para el aporte del calor y unos límites de desviación.

Volúmenes de aire

Con respecto al volumen de aire a aportar, ya se ha comentado anteriormente la necesidad de reponer el evacuado por los sistemas de extracción localizada, aunque también, teóricamente, habría que considerar la posible existencia de extractores situados en muros o ventanas. Ahora bien, ha de comentarse que la instalación de extractores libres no tiene sentido en un laboratorio con acondicionamiento de aire, puesto que como sistemas de retirada de contaminación son ineficaces, la renovación ambiental debe ser conseguida por el propio sistema acondicionador y su funcionamiento descompensa el acondicionamiento general del laboratorio.

Por lo que respecta a las vitrinas de extracción de gases y cabinas de seguridad biológica, deben asumirse las pérdidas que provocan, pudiendo ser considerables, sobre todo si retiran el 100% del aire directamente del laboratorio, hecho que ocurre con las vitrinas de gases y las de seguridad biológica clases I y III. Para conseguir un buen funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire, si éste ya ha sido previamente instalado, debe recurrirse a la utilización de vitrinas de gases compensadas, que toman del exterior una parte importante del aire evacuado. Por otro lado conviene tener en cuenta que algunas cabinas expulsan al exterior solamente un cierto porcentaje del aire circulado. Así por ejemplo, las cabinas de seguridad biológica clase II reciclan entre un 70% (tipo A) y un 30% (tipo B) del aire.

Respecto al número de renovaciones hora a conseguir en el laboratorio, algunos autores recomiendan aportes de aire del orden de 25 a 35 m³/hora por persona, o hasta 20 e incluso 30 renovaciones por hora en laboratorios de tipo medio. En la práctica, sin embargo, cualquier dato está condicionado por aspectos contemplados en puntos anteriores y por las características propias del laboratorio (instrumental y actividad), además de la presencia de los posibles contaminantes que puedan afectar al laboratorio.

Impulsiones y retornos de aire

Otro punto a contemplar es la situación de las entradas de aire y los retornos. Deberá tenerse en cuenta que en las inmediaciones de las vitrinas de gases y cabinas de seguridad biológica no deben producirse circulaciones de aire que puedan afectar su eficacia. Por otra parte, si el aire es impulsado al laboratorio por entradas cercanas a vitrinas extractoras, además de las perturbaciones consiguientes, el volumen recién introducido será en buena parte retirado por las mencionadas vitrinas, sin que consiga el deseado «barrido» por el laboratorio o la zona correspondiente. Debe evitarse por otra parte, que los dardos de aire impulsado afecten directamente a mesas de trabajo, balanzas y otros instrumentos, pues, además de provocar situaciones de desconfort a los trabajadores, podría favorecerse la emisión de contaminantes, amén de dificultar el trabajo con ciertos instrumentos.

Conductos

En lo que respecta a la instalación de conductos, debe tenerse siempre presente que el laboratorio, o ciertas zonas de éste, pueden presentar riesgos de incendio o explosión, lo cual exigirá desviar o incluso eliminar conducciones en tales áreas.

Evacuación al exterior

En cuanto a la salida al exterior del aire retirado del laboratorio, han de considerarse dos aspectos. El primero de ellos se refiere al conveniente tratamiento del aire a través de un recuperador de energía antes de evacuarlo definitivamente. El recuperador es simplemente una unidad externa encargada del intercambio energético entre el aire que, procedente del laboratorio, va a ser evacuado, y el aire recién tomado del exterior, que comenzará su tratamiento energético en esa unidad. El segundo aspecto se refiere a la instalación de las expulsiones de aire en el exterior del edificio. Las salidas deben situarse de modo que no sea posible el reingreso del aire expulsado en el edificio, bien a través de ventanas, bien a través de la unidad de captación exterior del propio sistema de aire acondicionado. Se requiere por tanto un estudio de las características del edificio y la situación de éste con respecto a los vientos dominantes.

Toma de aire externa

Por otra parte, el aire tomado del exterior para ser tratado y posteriormente impulsado al laboratorio, debe ser filtrado previamente. Cuando se requieran especificaciones concretas en el aire aportado, se dispondrá de los filtros y tratamientos especiales al efecto.

Acondicionamiento mediante unidades independientes

Como ya se ha indicado, ciertas zonas del laboratorio pueden exigir unidades independientes para complementar las prestaciones del sistema acondicionador general. Además de tales casos, también hay que considerar a todos aquellos laboratorios que no disponen de un sistema integral de acondicionamiento y que podrían recurrir a la instalación de unidades individuales o independientes (consolas de agua y, sobre todo, aparatos estándar, tipo ventana o de dos unidades). Lógicamente, en estos casos, únicamente se conseguiría

actuar sobre la temperatura ambiente.

Si se plantea una solución de este tipo, ha de prestarse especial atención a los posibles riesgos de incendio y explosión en determinadas áreas (a causa de los elementos eléctricos de las unidades a instalar). Con respecto a la ubicación de las unidades independientes, se tendrán en cuenta dos cuestiones: la colocación de las unidades -alejadas de vitrinas de gases y cabinas de seguridad biológica- y, en segundo término, que el dardo de aire impulsado no incida directamente sobre superficies de trabajo.

Por otra parte, debe recabarse del suministrador de las unidades la información relativa al ruido emitido en sus diferentes grados de funcionamiento. La experiencia demuestra que en una zona amplia que mantenga cierta actividad durante la jornada laboral, los niveles de presión acústica producidos por los aparatos acondicionadores pueden quedar desapercibidos aunque se cifren en 65-70 dB (A). Sin embargo, si las áreas de trabajo son reducidas u ocupadas por un corto número de personas, los mencionados niveles pueden resultar molestos a lo largo del tiempo.

El control ambiental del laboratorio

El control del ambiente del laboratorio, entendiéndolo por tal la evacuación de contaminantes, exige en principio dos actuaciones bien diferenciadas: la retirada de contaminantes y la renovación del aire. Cualquier proceso o tarea susceptible de liberar contaminantes, debe ser tratado conveniente y particularizadamente con el fin de que aquellos no afecten la atmósfera de trabajo, o lo hagan en el mínimo grado posible. Debe insistirse en que **el recurso eficaz para eliminar la contaminación química o biológica generada por la actividad del laboratorio es la extracción localizada.**

La simple retirada de volúmenes de aire, o la simple renovación, no consigue habitualmente la evacuación de contaminantes. Al igual que un sistema de acondicionamiento de aire es incapaz de retirar eficazmente los contaminantes generados en las técnicas o tareas del laboratorio, tampoco será capaz de conseguirlo un sistema de renovación mediante extractores. Téngase en cuenta que los contaminantes hasta que fueran retirados por los retornos o a través de los propios extractores, recorrerían la zona o el local, afectando por tanto a los trabajadores. Habitualmente, el máximo beneficio que puede obtenerse mediante los distintos procedimientos de renovación de aire es paliar, o en el mejor de los casos resolver, el problema de ciertas contaminaciones residuales que afectan a algunos laboratorios. La retirada de volúmenes de aire del laboratorio también permite mantenerlo en depresión en relación con otras áreas anexas.

Excepcionalmente, en casos muy concretos y bajo condiciones que se expondrán más adelante, podría plantearse el control total del ambiente (manteniendo algún contaminante químico por debajo de su valor límite) a base de circulaciones y extracciones de volúmenes de aire.

A continuación se estudian brevemente las características de la ventilación por dilución, la ventilación por desplazamiento y sistemas simples de renovación de aire.

Ventilación por dilución

Se parte del supuesto de que se generan contaminantes en el laboratorio y que se distribuyen regularmente en el aire del mismo. La concentración media alcanzada por un contaminante vendrá determinada por la relación entre la cantidad emitida del mismo y el volumen del recinto. Teóricamente, podría disminuirse la concentración ambiental del contaminante por debajo de los límites a considerar, sustituyendo el aire contaminado por aire limpio. Éste sería el principio de la ventilación por dilución.

Si M es la cantidad del contaminante emitida por unidad de tiempo (mg/s), el volumen q de aire limpio que debería ser suministrado por unidad de tiempo (m^3/s), para que en una situación de equilibrio ($t = \infty$) no se supere un límite previsto (VL , mg/m^3) sería:

$$q = M/VL$$

Teniendo en cuenta que la renovación del aire no sería uniforme en los distintos puntos del laboratorio, pudiendo quedar zonas pobremente ventiladas, y que siempre se tardará un tiempo en alcanzar la situación de equilibrio, es necesario introducir un factor de seguridad (K), cuyo valor varía normalmente entre dos y once, en función del tipo de contaminante, de su propio VL y de la eficacia de la dilución, con lo que se obtiene el caudal (Q) necesario para garantizar la dilución prevista:

$$Q = q \quad K = \frac{M}{VL} K$$

En la práctica, únicamente puede aplicarse este sistema si concurren una serie de circunstancias:

- Se manipulan sustancias de muy baja toxicidad.
- Los productos no son inflamables ni explosivos.
- No existe contaminación por polvo.
- Los trabajadores se encuentran alejados de los focos de emisión.
- La cantidad de contaminante liberado es discreta y su emisión relativamente uniforme.
- Se asume una contaminación residual.
- Se acondiciona el gran caudal de aire necesario.

Si frente a la contaminación química la ventilación por dilución no se considera un proceso suficientemente efectivo, cuando se trata de contaminantes biológicos, este sistema es absolutamente descartable.

A modo de resumen puede indicarse que los principales inconvenientes de este sistema son:

- Requiere caudales de renovación muy elevados.
- Consume gran cantidad energía (calefacción en invierno y aire frío en verano).
- El aire que se extrae ya es diluido, desde el punto de vista de la contaminación.
- Es poco útil para el riesgo químico.
- Es totalmente ineficaz para el riesgo biológico.

Ventilación por desplazamiento

La ventilación por desplazamiento es un caso aparte dentro de la ventilación general y se puede emplear tanto para acondicionamiento ambiental como para el control ambiental de contaminantes. En su forma ideal, el aire se introduce en el laboratorio de tal forma que desplace hacia la salida el aire que ya estaba dentro, pero sin mezclarse con él, intentado ajustarse al modelo del flujo pistón en lugar del tanque agitado que correspondería a la ventilación por dilución. Si el sistema se diseña con entrada a baja velocidad a la altura del suelo del local y es extraído por la parte alta, la acumulación del aire contaminado tiene lugar en la zona de extracción, lejos de donde se halla el personal. Dado que no hay mezcla entre el aire existente y el nuevo, este sistema implica un ahorro muy importante en cuanto a caudales de aire y acondicionamiento del mismo. Representa la aplicación del concepto de flujo laminar a la ventilación general, con lo que podría asimilarse la relación existente entre este tipo de ventilación y la ventilación por dilución con la existente entre las cabinas de flujo laminar y las de extracción de gases en régimen turbulento.

La principal dificultad que presenta este sistema de ventilación radica en los problemas existentes para mantener flujos próximos laminares en distancias y volúmenes grandes debido a la baja viscosidad del aire. Es un procedimiento poco utilizado, pero que en laboratorios reducidos con poco movimiento de personas podría presentar indudables ventajas.

Renovación del aire del laboratorio

Renovación natural

Existen, evidentemente, numerosos laboratorios que únicamente disponen del recurso de la ventilación natural. Obviamente esta ventilación sólo es viable en ciertas épocas del año, con lo cual el disconfort será la nota dominante en época estival y durante el invierno, se presentará el dilema de padecer bajas temperaturas o bien soportar la contaminación residual y los olores típicos del laboratorio. Además de estos inconvenientes, que se minimizan en zonas climáticamente benignas, la ventilación natural plantea el inconveniente de las corrientes de aire que apagan las llamas de los mecheros, provocan golpes continuos de puertas y ventanas, enfrían los elementos calefactores y montajes, causan evaporaciones inconvenientes, y alteran el funcionamiento de los sistemas clásicos de extracción localizada en los laboratorios: las campanas, las vitrinas de gases y las cabinas de seguridad biológica.

Renovación forzada

Se implantaría un sistema de suministro-extracción de aire, que armonizara con el adecuado funcionamiento de los sistemas de extracción o retirada de contaminantes (cabinas, vitrinas, campanas, etc.). En el diseño del sistema se distribuirán adecuadamente las impulsiones y las extracciones de aire, de modo que no existan zonas pobremente ventiladas.

El sistema mixto, impulsión-retorno, deberá tener en cuenta tres factores:

1. La capacidad extractora debe ser ligeramente superior a la impulsora, de modo que el laboratorio se encuentre en depresión con respecto a áreas anexas.
2. Ambos sistemas, impulsión y retorno, deben entrar en funcionamiento simultáneamente.
3. Se dispondrá de un sistema de alarma o avisador que alerte del posible fallo de uno de los dos sistemas.

Si la contaminación residual proviene simplemente de las manipulaciones habituales con sustancias o materiales y el laboratorio no dispone de renovación de aire, permanecerá continuamente «impregnado» de un olor que llega a ser característico y consubstancial con la actividad. Este problema puede paliarse simplemente mediante la instalación de extractores y rejillas de entrada de aire. Esta solución, extractores-entradas de aire enfrentados, adolece de múltiples inconvenientes si se plantea en locales de cierta dimensión o al conjunto del laboratorio. En primer lugar, un extractor convencional aplicado a un muro presentará una boca de extracción reducida, con lo cual se extraerán pequeños volúmenes de aire y a alta velocidad. En segundo término, evacuará solamente los contaminantes próximos a la zona de extracción, ya que a distancias iguales al diámetro del extractor, la velocidad de captación será del orden de diez veces inferior a la existente en la boca. Por otra parte, la posición del extractor es otro factor a tener en cuenta. Si se instala en una posición alta, hasta su zona de influencia solamente acceden los contaminantes que se encuentren a más temperatura que el aire y siempre que se orienten hacia el extractor. Por contra, un extractor situado a baja altura en el muro, no retirará la contaminación residual a no ser que el contaminante se encuentre a una temperatura más baja que el aire. En la práctica, estos sistemas extractor-entrada de aire, suelen garantizar simplemente cierta depresión en interior del laboratorio o en la zona en que se ubique.

Por todo ello, sería necesario plantear la necesidad de establecer circulaciones de aire, eludiendo la generación de zonas muertas, y consiguiendo que el aire limpio barrera perfectamente las zonas contaminadas en su recorrido hacia los puntos de extracción. Así, las entradas de aire deberían localizarse en las partes opuestas a las que hayan acogido a los extractores, a base de rejillas en puertas y pasillos (siempre que el laboratorio no presentara riesgos de incendio o explosión y siempre que su presión fuera inferior a la de los pasillos).

Este tipo de instalaciones tiene sentido en actuaciones puntuales para la eliminación de contaminación causada por un accidente (vapores generados por el vertido de un producto químico, formación de un aerosol, etc.)

Sea cual fuere el sistema adoptado para renovar el ambiente del laboratorio, la retirada del aire extraído del laboratorio exige una adecuada distribución de las tomas de aire y de las salidas. Si todas ellas se encuentran en las fachadas del edificio, las entradas se dispondrán en fachadas con distinta orientación con respecto a las salidas. Si ambas deben quedar dispuestas en los tejados, habrán

de tenerse en cuenta los vientos dominantes y las alturas relativas. **El aire del laboratorio no debe ser nunca recirculado**, excepto en casos muy especiales y siempre que se contara con un previo tratamiento a fondo.

Bibliografía

(1) ACGIH

Ventilación Industrial. Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales.

Versión española

Generalitat Valenciana. Conselleria de Treball i Afers Socials. Valencia, 1992.

(2) CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY

Manual de aire acondicionado. Versión española

Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, 1991

(3) GUARDINO, X. ET AL.

Seguridad y condiciones de trabajo en el laboratorio

INSHT, Madrid, 1992.

(4) HEINSOHN, R.J.

Industrial Ventilation. Engineering Principles

John Wiley and Sons Inc.

New York, USA, 1991