Comité Editorial

Doctor
Carlos Enrique Martínez
Subgerente
Subgerencia de Prestaciones en Salud

Doctor Juan Roberto Morales Castillo
Jefe de Departamento de Servicios Médicos Centrales

Doctora Antonia Carolina Magaña Magaña
Jefe de Departamento de Medicina Preventiva

Doctor Luis Miguel Tórtola Palacios Jefe de Departamento Medico de Servicios Técnicos.

Dr. Msc. José F. Ortíz Alvarado
Asistente de Dirección
Epidemiólogo

Para mayor información dirigirse a:
Subgerencia de Prestaciones en Salud
Teléfono 24121224 Ext. 1611, 1603.
Fax: 24121443
carlos.martinez@igssgt.org

Departamento Médico de Servicios Centrales
Teléfono: 24121224, Ext 1617 y 1636
jmorales@igssgt.org

Departamento de Medicina Preventiva Departamento de Medicina Preventiva
Teléfono y Fax: 24121224, Ext. 1629, 1628, 1631

Departamento Médico de Servicios Técnicos
Teléfono 24121224, Ext. 1619 y 1620
Fax: 24121448
cmagana@igssgt.org

Ventilación del ambiente para infecciones respiratorias[1]

Se ha demostrado que en una habitación bien ventilada y bien diseñada con remoción efectiva del aire contaminado para la descomposición de la concentración de núcleos de microgotas infecciosas en la habitación puede reducir el riesgo de infección en los individuos. La calidad de la ventilación es uno de los principales factores para determinar el riesgo de exposición en la sala de aislamiento.

Por lo tanto, es importante considerar los diversos métodos disponibles para lograr una ventilación adecuada de las áreas que se usan para aislamiento de los pacientes con Infección Respiratoria Aguada (IRA) potencialmente transmitidas por aire. En estos lineamientos, se adopta el término **"sala de prevención de la transmisión aérea"** para designar una habitación con ≥ 12 ACH (recambio del aire por hora en ingles) y dirección de flujo de aire deseada, la cual puede lograrse con ventilación mecánica o natural. Dicha habitación puede utilizarse para aislar a pacientes infectados con patógenos transmitidos por el aire (por ej., tuberculosis pulmonar, sarampión, varicela) e Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) causadas por un agente nuevo de potencial preocupación antes de que las vías de transmisión sean aclaradas.

Las salas de prevención de la transmisión aérea pueden ser ventiladas en forma natural o mecánica. Por otro lado, si una habitación está bien ventilada (≥ 12 ACH) pero no se constata el flujo de aire, esa habitación será denominada **"habitación individual adecuadamente ventilada"** en este documento.

Si bien se ha sugerido el estándar de 12 ACH para la ventilación adecuada de las salas de aislamiento, es necesaria una evaluación adicional sobre la reducción real del riesgo de infección. En una habitación o espacio, el índice de ventilación (es decir, el ACH) es lo importante cuando la preocupación es la transmisión por núcleos de microgotas.

[1] WHO/CDS/EPR/2007.6Prevención y control de infección en enfermedades respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria Pautas provisionales de la OMS ,Junio de 2007

La Tabla 1 brinda información sobre cómo se relacionan los índices de ventilación con la desintegración de las concentraciones de núcleos de microgotas en una sala de aislamiento con índices de ventilación diferentes, usando la ecuación descomposición de la concentración. Las presunciones de esta ecuación son: 1) el ACH permanece constante; y 2) la concentración de núcleos de microgotas en el espacio cerrado es uniforme (que en general no se corresponde con la vida real).

Aplicando la ecuación descomposición de la concentración, hay una dilución de 10 veces en 10 minutos con 15 ACH. Debido a que la cantidad o el número de generación de partículas no es uniforme en los entornos sanitarios, la ventilación adecuada puede reducir pero no eliminar el riesgo de infección, y por lo tanto se indica el Equipo de Protección Personal (EPP) apropiado.

Tabla No. 1 Descomposición de la concentración de núcleos de microgotas en salas de aislamiento cerradas con diferentes índices y duración de la ventilación del ambiente (min).

Duración de la ventilación (min)	% descomposición de la concentración de núcleos de microgotas a índices de ventilación (ACH) de:						
	6	9	12	15	18	21	24
0	10.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5	60.7	47.2	36.8	28.7	22.37	17.4	13.5
10	36.8	22.3	13.5	8.2	5.0	3.0	1.8
15	22.3	10.5	5.0	2.4	1.1	0.5	0.3
20	13.5	5.0	1.8	0.7	0.3	0.1	0.0
25	8.2	2.4	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
30	5.0	1.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
35	3.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	1.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

- **Las habitaciones de aislamiento de pacientes deben estar diseñadas para tener con una adecuada disminución del riesgo que puedan tener de los trabajadores de salud para adquirir una enfermedad infecciosa.**
- **Kowalski et al. (1999) provee una referencia ya que informa sobre la dosis infectiva para el M. tuberculosis estando entre 1 a 10 bacilos. Así como informa que las partículas en aerosol generadas al estornudar tiene de 1 a 5 µm de diámetro, llegando a ser en cada estornudo de aproximadamente 100,000 y al toser se ha estimado que estas pueden llegar a unas 1,000 partículas.[2 3]**

[2] ASHRAE, 2003. *HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics,* Atlanta: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).

[3] Kowalski, Wladyslaw, Bahnfleth, William P. & Whittam, T.S.1999. Filtration of Airborne Microorganisms: Modeling and Prediction, *ASHRAE Transactions,* Vol. 105, Part 2.

Tipos de ventilación del ambiente y factores que determinan la elección de los métodos de ventilación

Hay tres tipos principales de ventilación:

1. **La ventilación mecánica** utiliza ventiladores para dirigir el flujo de aire a través de un edificio. La ventilación mecánica puede combinarse con sistemas de aire acondicionado y de filtrado como normalmente se hace en algunos edificios.
2. **La ventilación natural** utiliza fuerzas naturales para dirigir el flujo de aire a través de un edificio. Las fuerzas naturales son presiones de viento y presiones generadas por diferencias de densidad entre el aire exterior e interior, también llamado "efecto chimenea."
3. **El sistema de ventilación mixto** combina el uso de ventilación mecánica y natural y brinda la oportunidad de elegir el tipo de ventilación más adecuado de acuerdo con las circunstancias. Se utiliza principalmente en edificios comerciales modernos y requiere habilidad y experiencia de diseño y construcción.

Los principales factores que determinan la elección del método de ventilación a ser empleados en las Unidades Hospitalarias son:

- Eficacia del método para cumplir con el requisito mínimo de ACH.
- Se sugiere que el ACH necesario para ayudar a prevenir la transmisión de patógenos infecciosos a través de núcleos de microgotas sea 12 ACH.
- Tanto los sistemas de ventilación mecánica como natural bien diseñados pueden cumplir con los requerimientos mínimos efectivos.

A pesar de ser más fácilmente controlable, puede no haber disponibilidad de ventilación mecánica en todos lados, especialmente en áreas o Instituciones con recursos limitados.

Los nuevos desarrollos en la ventilación natural se han beneficiado enormemente gracias a los ingenieros que diseñan sistemas de ventilación efectivos. Con un mejor diseño y control, la ventilación natural se ha tornado más confiable en términos de su funcionamiento, y puede ser efectiva para prevenir la transmisión de agentes potencialmente transmitidos por el aire.

Infraestructura ideal de los Centros Hospitalarios:

En los existentes que tienen ventilación totalmente mecánica con sistemas de ventilación central, la instalación de controles adicionales en las salas de aislamiento (por ej., ACH adecuado) puede ser la mejor opción entre los distintos tipos de ventilación. No es aconsejable abrir las ventanas de una habitación ventilada mecánicamente no diseñada para la ventilación natural ya que el sistema no está diseñado para esta práctica y no son predecibles las características de la ventilación.

En los Hospitales sin sistemas de ventilación mecánica, se puede lograr una ventilación efectiva adaptando los diseños existentes usando sólo ventilación natural, o en combinación con extractores.

En la planificación de los Hospitales puede beneficiarse a partir de desarrollos recientes en las estrategias de ventilación natural. Después de una evaluación cuidadosa, los sistemas menos costosos y más efectivos pueden resultar útiles para una gran cantidad de Instituciones.

Condiciones climáticas

La efectividad de la ventilación natural depende de la existencia de suficiente velocidad del aire y/o la temperatura ambiente en el entorno externo al establecimiento. Las áreas con temperaturas extremas y una velocidad regularmente baja de viento puede impedir el uso de ventilación natural.

Uso de ventilación natural en salas de aislamiento

El principio de la ventilación natural es permitir y aumentar el flujo de aire externo mediante fuerzas naturales como el viento y las fuerzas de flotación térmicas y de una abertura a otra para lograr el ACH deseable. Antes de la llegada de la ventilación central y los acondicionadores de aire, las salas hospitalarias, incluyendo las áreas para tratamiento de los pacientes con tuberculosis, eran todas ventiladas en forma natural. Una evaluación reciente sobre estrategias de ventilación natural en Perú mostró que la ventilación natural era efectiva para reducir la transmisión hospitalaria de tuberculosis.

Para la aplicación en salas de aislamiento, hay dos aspectos importantes a tener en cuenta sobre la ventilación natural:

- El índice de ACH que brinda la ventilación natural es variable.
- Se sugiere la presión negativa para las precauciones contra Transmisión Aérea, y la ventilación natural puede no tener la capacidad de crear presión negativa.

A pesar de que en las habitaciones ventiladas en forma natural el ACH puede variar significativamente, los edificios con sistemas modernos de ventilación natural (si fueron diseñados y operados adecuadamente), pueden lograr índices de cambio de aire elevados mediante fuerzas naturales, excediendo enormemente los requerimientos mínimos de 12 ACH.

En un estudio conducido en China, Región Administrativa Especial de Hong Kong (Tabla 2), se demostró que el ACH en una sala con una ventana abierta y la puerta abiertas llegó a ser muy elevado (comunicación personal: Qian, H, Seto WH, y Li Y).

Tabla 2. Cambios de aire por hora (ACH) en una habitación ventilada naturalmente observados en un experimento en China, RAE de Hong Kong

Condiciones de la habitación	ACH
Ventana completamente abierta + puerta abierta	29.3–93.2
Ventana completamente abierta + puerta cerrada	15.1–31.4
Ventana a medio abrir + puerta cerrada	10.5–24
Ventana cerrada + puerta abierta	8.8

*Comunicación personal, Qian, H, Seto WH, y Li Y, Universidad de Hong Kong y Hospital Queen Mary.

Con ventilación mecánica, se sugiere un entorno de presión negativa en la sala de aislamiento como una forma de generar un flujo de aire hacia adentro.

En ausencia de presión negativa, el flujo de aire puede ser multidireccional, dentro y fuera de una sala de prevención de la transmisión aérea ventilada en forma natural. Sin embargo, pueden designarse salas de prevención de la transmisión aérea ventiladas en forma natural para brindar una dirección deseada del flujo de aire, el cual es desde las áreas de cuidado de pacientes hacia áreas de tránsito libre, o permitir la rápida dilución de aire contaminado en las áreas circundantes y el aire libre.

Es necesario planear y diseñar cuidadosamente la elección de las áreas de aislamiento y la ubicación de pacientes dentro del establecimiento para reducir más el riesgo de infección para las personas que se encuentran en los alrededores. Cuando se diseña un Hospital, lo mejor es que las áreas de aislamiento estén lejos de otros sectores del hospital y se construyan en lugares en los que se prevén buenos vientos prevalentes todo el año. El aire debe estar dirigido desde las áreas de cuidado de pacientes hacia áreas exteriores abiertas que no se usen regularmente para el tránsito de personas. Dentro de una sala de prevención de la transmisión aérea, debe ubicarse al paciente cerca de la pared exterior, cerca de alguna(s) ventana(s) abierta(s), en lugar de cerca de una pared interna. La Figura 1 muestra una sala de prevención de la transmisión aérea con ventilación natural lograda abriendo las ventanas y la puerta que comunica al corredor.

Otra consideración asociada con el uso de la ventilación natural es la exposición de pacientes a vectores artrópodos (por ej., mosquitos) en áreas endémicas. El uso de mosquiteros y otras medidas de prevención para vectores pueden ayudar a reducir el riesgo de transmisión de enfermedades transmitidas por vectores.

Uso de extractores en las salas de aislamiento:

Durante los brotes de SRAS se practicó una rápida creación de salas de aislamiento temporales con extractores. El principal propósito de

instalar extractores es ayudar a aumentar el ACH al nivel deseado y crear presión negativa. Sin embargo, se requieren un diseño y planificación cuidadosa y un número adecuado de extractores para lograr dichos resultados.

En países donde la ventilación natural no es adecuada, y las salas de prevención de la transmisión aérea ventiladas en forma completamente mecánica no puede ser instaladas debido a recursos limitados, el uso de extractores (con las pruebas previas y la planificación adecuadas) puede ayudar a aumentar los índices de ACH y generar presión negativa en las habitaciones. Los ventiladores deben instalarse en la(s) pared(es) exterior(es) donde el aire de la habitación pueda salir directamente hacia el exterior sin tránsito de personas. El tamaño y la cantidad de extractores necesarios dependen del ACH deseado, el cual debe ser medido y evaluado antes del uso.

Las limitaciones asociadas con el uso de extractores incluyen dificultades en la instalación (especialmente en el caso de ventiladores grandes), ruido asociado con ventiladores de gran potencia, incertidumbre acerca de los efectos sobre el sistema de aire acondicionado existente y el control de la temperatura en la habitación.

Uso de ventilación mecánica en las salas de aislamiento:

Los Hospitales que utilizan salas de prevención de la transmisión aérea mecánicamente ventiladas deben garantizar los controles necesarios para lograr un índice de ventilación adecuado y dirección controlada del flujo de aire. Las salas de prevención de la transmisión aérea mecánicamente ventiladas equivalen a la Sala de Aislamiento contra Infección por Transmisión Aérea descritas por el CDC (EE.UU.) ver Figura No. 2.

Hay lineamientos específicos para ventilación mecánica del ambiente disponibles, los cuales especifican que una sala de prevención de la transmisión aérea ventilada en forma mecánica debe ser una habitación privada que tenga:

- Presión de aire negativa en relación con las áreas circundantes;
- 12 ACH; y una descarga apropiada de aire hacia el exterior, o filtro monitoreado de alta eficacia para el control de partículas (HEPA) del aire de la habitación antes de que sea recirculado a otras áreas del hospital.

"La evidencia de muchos estudios no dejan ninguna duda de que la calidad del aire y ventilación en los hospitales juegan un rol decisivo en las concentraciones de patógenos en el aire, en este sentido, dicho factor tiene un mayor efecto en las tasa de infecciones." [4]

4 Roger Ulrich, Xiaobo Quan, Center for Health Systems and Design, College of Architecture, Texas A & M University
Craig Zimring, Anjali Joseph, Ruchi Choudhary, College of Architecture, Georgia Institute of Technology
Report to The Center for Health Design for the "Designing the 21st Century Hospital Project". This project is funded by the Robert Wood Johnson Foundation. September 2004.

Figura No. 1 **Ilustración de la dirección desead a del flujo de aire en una sala de aislamiento naturalmente ventilada y adecuadamente diseñada (lo cual se logra abriendo las ventanas y la puerta que comunica la sala de aislamiento con el corredor)**

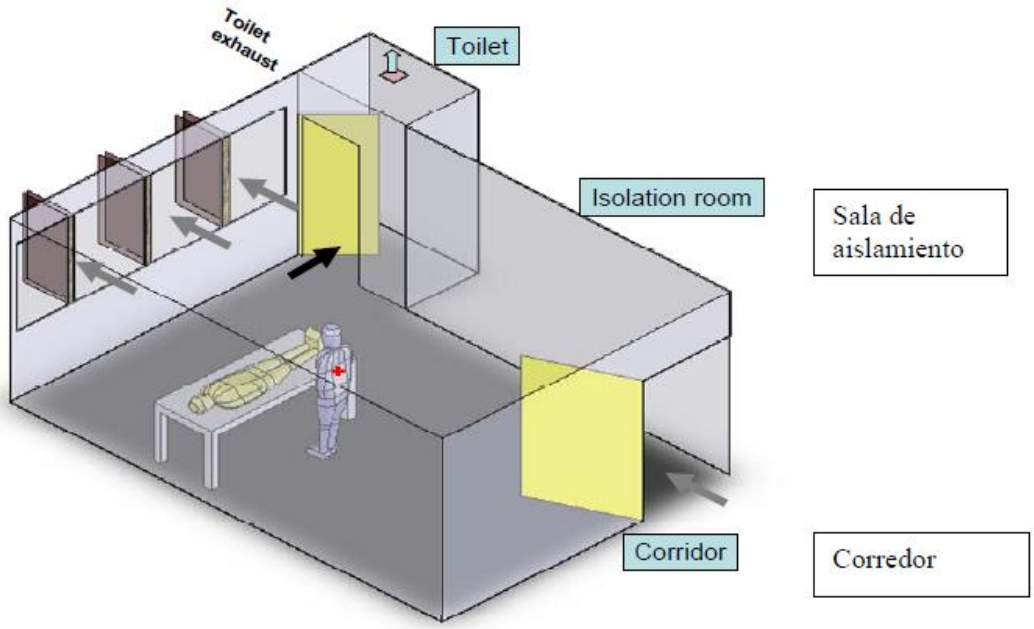
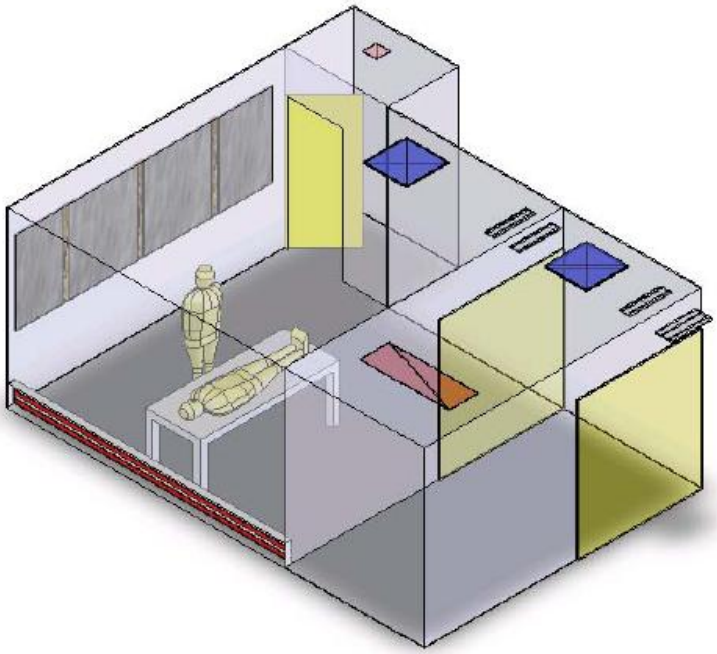
Figura No. 2 **Esquema de una sala ideal de aislamiento ventilada con un sistema de ventilación mecánica**