

PROYECTO: CLIVEGESA

Directriz para la climatización y ventilación de bloques quirúrgicos



17 de septiembre de 2007

Índice

1	OBJETIVO DE LA DIRECTRIZ.....	6
2	CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS.....	7
2.1	Quirófano y sus salas anexas auxiliares (disposición, estanqueidad,...).....	7
2.1.1	Accesos al quirófano.	7
2.1.2	Configuraciones.....	8
2.2	Bloque quirúrgico	9
2.3	Sala de climatizadoras	10
3	CLIMATIZADORAS Y CONDUCTOS.....	10
3.1	Climatizadoras	10
3.1.1	Número de climatizadoras	10
3.1.2	Tipo de climatizadoras	11
3.2	Sistema de humectación	11
3.3	Recuperación de calor.....	12
3.4	Baterías	12
3.5	Tomas y descargas de aire	13
3.6	Conductos	14
3.6.1	Registros	14
3.6.2	Cuidados especiales durante la instalación.....	14
3.7	Rejillas de impulsión y extracción de aire.....	15
4	MOVIMIENTO DEL AIRE ENTRE LOCALES. PRESURIZACIÓN.....	15
4.1	Quirófano y salas anexas auxiliares.....	15
4.2	Monitorizado de la presión	17
4.3	Resto del bloque quirúrgico.....	17
5	CLASIFICACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS	17
6	CALIDAD DEL AIRE Y CONDICIONES DE CONFORT	18
6.1	Calidad del aire	18
6.2	Caudales del aire.....	19
6.2.1	Funcionamiento del quirófano fuera de horas de servicio.....	19
6.3	Temperatura.....	20
6.3.1	Temperaturas de diseño.....	20

6.3.2	Temperaturas de impulsión	21
6.4	Filtrado.....	21
6.4.1	Primer nivel de filtración.....	21
6.4.2	Segundo nivel de filtración.....	22
6.4.3	Tercer nivel de filtración o filtración absoluta de alta eficiencia (HEPA) ..	22
6.4.4	Filtración en la descarga de aire	22
6.5	Humectación	22
6.5.1	Niveles	22
6.5.2	Dimensionado de la instalación de humectación.....	22
6.6	Nivel de ruido	23
6.7	Resumen	23
7	DISTRIBUCIÓN DEL AIRE EN EL QUIRÓFANO	23
7.1	Distribución de aire por difusión	23
7.1.1	Tipo de flujo	24
7.1.2	Rejillas de impulsión	24
7.1.3	Rejillas de extracción	24
7.2	Distribución de aire unidireccional.....	24
7.2.1	Tipo de flujo	24
7.2.2	Unidad terminal	25
7.2.3	Rejillas de extracción	25
7.3	Salas anexas auxiliares del quirófano	25
8	REGULACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.....	26
8.1	Trabajos previos a la puesta en marcha	26
8.2	Regulación y comprobaciones	26
9	CERTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DEL QUIRÓFANO.....	27
9.1	Presión diferencial	27
9.2	Temperaturas	28
9.3	Velocidad del aire	28
9.4	Humedad.....	28
9.5	Caudales de aire.....	29
9.6	Clasificación del quirófano.....	29
9.7	Control microbiológico ambiental.....	29

10 ANEXOS	30
A. NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA	30
A.1 Normativa nacional.....	30
A.2 Normativa internacional	31
A.3 Documentos de referencia	33
B. ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN DE SALAS LIMPIAS.....	33
C. BIBLIOGRAFÍA	34

1 OBJETIVO DE LA DIRECTRIZ

Esta directriz tiene por objeto definir las condiciones y criterios de diseño de los sistemas de climatización y ventilación para quirófanos y bloques quirúrgicos de los hospitales de Castilla y León.

El bloque quirúrgico o área quirúrgica de un hospital suele estar constituido por diferentes dependencias: almacenes de estéril, pasillos, vestíbulo, vestuarios, salas de estar y los quirófanos con sus salas anexas auxiliares: zona de lavado, exclusiva de acceso y exclusiva de sucio.

La finalidad de los sistemas de climatización y ventilación del bloque quirúrgico es minimizar la transferencia aérea de gérmenes de las salas menos limpias a las más limpias y mantener la calidad del aire y las condiciones de temperatura y humedad dentro de los niveles aceptables, garantizando a la vez que los propios sistemas de climatización no sean una fuente de contaminación e infecciones.

Dadas las peculiaridades de los quirófanos se precisa con más detalle las funciones que deben cumplir sus instalaciones de acondicionamiento de aire (véase [30], [36] y [37]):

- Diluir tanto los gérmenes generados por el equipo quirúrgico y los pacientes en el quirófano como las posibles fugas de gases de anestesia, mediante un número adecuado de **renovaciones hora de aire**.
- Evitar que entre el aire de las salas contiguas menos limpias usando diferentes **presiones de aire**.
- Crear un **patrón de flujo** que desplace el aire contaminado lejos de la mesa de operaciones y de la de instrumental.
- Proporcionar un **ambiente confortable** para el equipo quirúrgico y los pacientes controlando la temperatura ⁽¹⁾, humedad y la ventilación.

En el apartado A.1 se recoge la normativa nacional vigente actualmente sobre el objetivo de la directriz. También se ha incorporado un resumen con los parámetros que se establecen en la normativa internacional sobre el tema (apartado A.2). Finalmente se presentan en ese mismo anexo los documentos de organismos públicos que se han utilizado como referencia (apartado A.3).

⁽¹⁾ En ciertos tipos de operaciones el cirujano puede demandar una bajada rápida de la temperatura de la sala anteponiendo las necesidades médicas a las de confort.

2 CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS

2.1 Quirófano y sus salas anexas auxiliares (disposición, estanqueidad,...)

Ni en el quirófano ni en sus salas anexas auxiliares (lavado, exclusiva de acceso, exclusiva de sucio) debe haber ventanas ni ningún otro tipo de comunicación con el exterior del edificio. Se deben cuidar todos los cerramientos, incluido el techo, para conseguir un recinto estanco.

2.1.1 Accesos al quirófano.

Minimizar el número de locales comunicados con el quirófano facilita la estanqueidad, reduce el tráfico y simplifica las estrategias de control del movimiento del aire.

El quirófano es una parte del bloque quirúrgico. Al quirófano se accede a través de sus salas anexas auxiliares de uso exclusivo para el quirófano. Estas salas podrían ser (apartado 6.18 de [37]):

- Zonas de **lavado y cepillado** del personal quirúrgico. Pueden ser parte del quirófano, preferiblemente próxima a la entrada, aunque habitualmente será una habitación separada y de uso exclusivo para lavado y cepillado. En este caso, la puerta de entrada al quirófano es un inconveniente para el personal quirúrgico y podría reemplazarse por una apertura siempre y cuando la otra puerta, la de acceso al pasillo, sea estanca.
- **Exclusa de acceso.** Si está previsto almacenar el instrumental en el quirófano, entonces la exclusiva de acceso se usará simplemente como almacén de productos estériles y la presión nominal será inferior a la del quirófano. Cuando la exclusiva de acceso se utiliza para almacenar instrumental en el sentido tradicional, debería de considerarse como de mayor grado de limpieza que el propio quirófano y su diseño debería de minimizar la transferencia de aire desde el quirófano hacia la exclusiva de acceso.
- **Exclusa de sucio** donde se prelava el instrumental utilizado en la intervención y se coloca en recipientes estancos para su transporte hasta la zona de esterilización. Su presencia se ve justificada si se opta por la configuración con pasillo único (véase párrafo 2.1.2). Debe de separarse del quirófano por una puerta o trampilla estanca y del pasillo por puerta estanca. Estará en depresión respecto del pasillo y por tanto respecto del quirófano.
- **Pasillo de sucio.** Debe de estar separado del quirófano por una puerta estanca y encontrarse en depresión respecto al mismo. Es aconsejable que no disponga de ventanas Su finalidad se reduce casi exclusivamente a evacuar el instrumental utilizado en la intervención y los desechos, por lo que si existe exclusiva de sucio se puede prescindir del pasillo de sucio.

Excepto el pasillo de sucio, el resto de salas anexas al quirófano no podrán ser de uso compartido para dos o más quirófanos. Si bien compartir dependencias puede ser

atractivo desde algunos puntos de vista, dificulta el control del movimiento de aire entre locales.

La organización de las salas anexas al quirófano será de forma que se acceda progresivamente desde las zonas menos a las más limpias.

Todas las puertas de acceso al quirófano serán estancas, de cierre hermético y, al menos las paso del paciente, correderas. Interesa que la puerta por la que entra y sale el personal quirúrgico durante la intervención sea corredera para minimizar las perturbaciones del flujo, especialmente en el caso laminar.

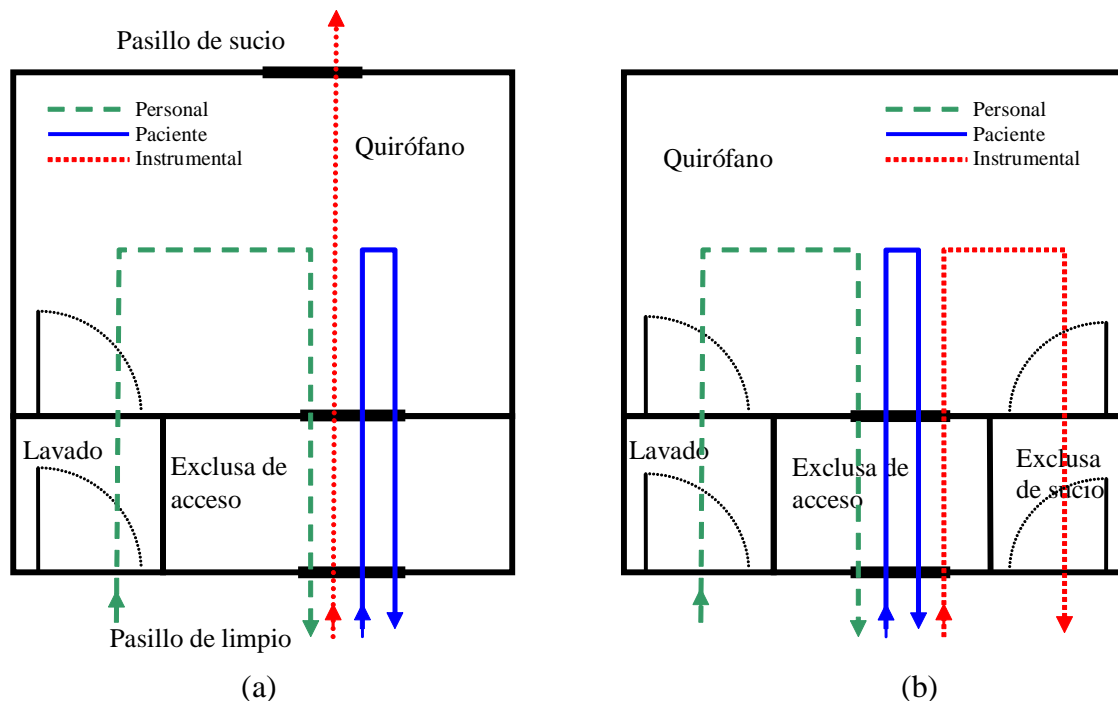


Figura 1. Circuitos para la configuración de: a) pasillo doble y b) pasillo único

2.1.2 Configuraciones

La mayoría de los quirófanos actuales se pueden agrupar en dos configuraciones generales:

- Con pasillo doble (Figura 1a). Son aquellos que disponen de un pasillo de limpio y otro de sucio. Por el de limpio entran y salen del quirófano el paciente y personal sanitario y también entra el instrumental estéril. Por el de sucio sale el instrumental utilizado en la intervención y los desechos.
- Con pasillo único (Figura 1b). Son aquellos que disponen de un único pasillo por donde entran y salen del quirófano el paciente y personal sanitario y por donde entra el instrumental estéril. Además disponen de esclusa de sucio donde se recoge el instrumental utilizado en la intervención y se saca por el pasillo en contenedores herméticos.

En la Figura 1 se muestran los circuitos de personal, paciente e instrumental para las dos configuraciones.

2.2 Bloque quirúrgico

Se recomienda que el número de quirófanos por bloque quirúrgico no sea superior a ocho, más quirófanos dificultan el mantenimiento de la disciplina [31] y la climatización.

El bloque quirúrgico o área quirúrgica debe independizarse de las circulaciones generales del hospital. Se recomienda el uso de exclusas de aire⁽¹⁾ con puertas automáticas ínter-bloqueadas para el acceso al bloque quirúrgico.

La organización de las dependencias del bloque quirúrgico será de manera que se acceda progresivamente desde las zonas menos limpias a las más limpias.

El proyecto incluirá planos del bloque quirúrgico con los circuitos previstos de personal, pacientes y materiales. Se recomienda que estos circuitos estén debidamente señalizados en el propio bloque quirúrgico.

Debe prestarse especial interés a la situación y aislamiento de los posibles ascensores o montacargas del bloque quirúrgico. Estos elementos dificultan el equilibrado de presiones y pueden producir infiltraciones de aire contaminado.

En caso de optar por la configuración de pasillo doble, la comunicación entre el pasillo de limpio y el de sucio debe de hacerse con un sistema de doble puerta estanca y de cierre hermético (exclusa), considerando la posibilidad de enclavamiento. Se pretende así garantizar la diferencia de presiones y minimizar los flujos indebidos de personal.

Se aconseja evitar la presencia de ventanas y persianas en todo el bloque quirúrgico, especialmente en las inmediaciones de los quirófanos y en los pasillos de sucio y de limpio. En caso de haber ventanas en alguna dependencia del bloque quirúrgico se cuidará que no sean practicables y se asegurará la estanqueidad del cerramiento completo.

El diseño de las instalaciones de climatización se hará de manera que para su operación y mantenimiento no sea necesario acceder a las áreas limpias.

⁽¹⁾ La norma UNE 100713:2005 preconiza la instalación de exclusas de aire entre locales de clase I (todos los del bloque quirúrgico lo son) y locales de clase II (los pasillos ajenos al bloque quirúrgico lo son). Además, recomienda evitar la apertura simultánea de la puerta de entrada y la de salida con puertas automáticas interbloqueadas como única manera de asegurar una separación eficaz.

No obstante, debido el elevado tránsito de personal en la zona de acceso al bloque quirúrgico, se puede anular el interbloqueo automático manteniendo la apertura y cierre con detectores de presencia. Para que la exclusiva sin interbloqueo automático tenga un mínimo de eficacia, debe haber una separación entre puertas y una velocidad de apertura y cierre mínimas. La apertura de la segunda puerta sea posterior al cierre de la primera para la velocidad de paso normal de una persona (alrededor de 1.3 m/s).

2.3 Sala de climatizadoras

La maquinaria estará situada en un recinto cubierto y cerrado⁽¹⁾, de uso específico, con acceso independiente y, en la medida de lo posible, próximo al área quirúrgica para reducir al máximo la longitud de los conductos.

Si las salas que albergan las climatizadoras se encuentran en el exterior es posible que haya que introducir la maquinaria antes que los techos. Además, durante la ejecución de las obras es muy importante que las climatizadoras permanezcan selladas, con los filtros montados y tapadas convenientemente.

Se procurará que la construcción de la sala de climatizadoras se inicie al terminar la obra gruesa del resto del hospital. Las climatizadoras se llevarán una vez acabada y pintada la sala. Las climatizadoras deben de llegar a la obra puntualmente, no deben de almacenarse en el exterior de la sala.

Las aperturas para el paso del aire exterior a la sala de climatizadoras estarán dotadas de una malla metálica tupida que impida la entrada de papeles, bolsas, plumas, pequeños animales, etc.

Para evitar una colmatación prematura del prefiltro se prestará cuidado en mantener la limpieza de la sala de climatizadoras. Se evitará el abandono de embalajes en la sala así como que sea utilizada para otros fines, como por ejemplo almacén.

3 CLIMATIZADORAS Y CONDUCTOS

3.1 Climatizadoras

Las climatizadoras del bloque quirúrgico serán de uso exclusivo e independiente del resto del hospital pero estarán conectadas al sistema central de producción de calor y frío.

3.1.1 Número de climatizadoras

Se utilizarán una climatizadora por quirófano y un extractor por quirófano⁽²⁾. Con esta premisa se puede optar por dos estrategias:

⁽¹⁾ Los climatizadores o UTA's situados en la intemperie presentan varias desventajas: soportan más humedad y suciedad, los prefiltros necesitan mantenimiento más frecuente, las revisiones pueden coincidir con días de lluvia o viento, la oxidación y envejecimiento del climatizador se acelera, se necesita más aporte de calor o frío y por tanto aumenta el consumo y, por último, los saltos térmicos perjudican la estanqueidad de las uniones entre conductos y climatizador y necesitan mayor mantenimiento [8].

⁽²⁾ Así el riesgo de contaminación se acota, se facilita el ajuste de los flujos de aire, se independizan los ajustes de temperatura humedad y caudal, las averías y el mantenimiento sólo suspenden la actividad de un quirófano, se reducen los tiempos de mantenimiento, reparaciones, limpieza, etc., la programación de paros es más sencilla, el nivel sonoro disminuye,...

- Estrategia I: Una climatizadora de uso exclusivo para el quirófano y sus salas anexas auxiliares.
- Estrategia II: Una climatizadora de uso exclusivo para cada quirófano. Otra de uso compartido para las salas anexas auxiliares (zonas de lavado y cepillado, exclusa de acceso y exclusa de sucio si la hubiere) de varios quirófanos.

Como se ha optado por salas anexas auxiliares independientes para cada quirófano se recomienda la estrategia I. Se evita que el paro de una climatizadora afecte a varios quirófanos y se facilita el mantenimiento de presiones diferenciales y caudales cuando el sistema de climatización del quirófano esté en modo de funcionamiento “en espera” (véase apartado 6.2.1.).

En cualquier caso las climatizadoras del resto del bloque quirúrgico no se utilizarán para climatizar ni quirófanos ni salas anexas auxiliares.

3.1.2 Tipo de climatizadoras

Climatizadores de tipo higiénico según la norma UNE 1886:1999.

Acabado interior de paredes lisas, preferiblemente de acero inoxidable y con cantos romos para evitar la acumulación de suciedad.

Las carcacas de soporte de filtros serán estancas para evitar by-pass y las puertas y uniones entre paneles deberán ser de alta estanqueidad para evitar el paso de aire sin filtrar desde la sala de climatizadoras.

Las climatizadoras serán de impulsión de volumen de aire constante, con el motor acoplado directamente al ventilador (sin poleas), ventilador directamente acoplado a la climatizadora. Un variador de frecuencia mantendrá el régimen de giro necesario para que el caudal sea independientemente del estado de colmatación de los filtros.

Baterías accesibles desde ambos lados para facilitar la limpieza y mantenimiento a cada una de las secciones de las climatizadoras. Conjuntos de 4 filas, con una sección de limpieza cada 4 filas.

Bandeja de condensados de acero inoxidable, con pendiente para evitar el estancamiento de agua. El desagüe de sección mínima 35 mm con sifón conectado a una bajante independiente o a la de pluviales, pero nunca a la de saneamiento.

Enclavamiento de emergencia entre el ventilador de extracción y el de impulsión, de manera que si falla éste se pare aquél. De no estar enclavado podría funcionar sólo la extracción poniendo al quirófano en depresión.

Las climatizadoras deben de llegar limpias de fábrica, con todos los accesos a su interior cerrados y precintados. Las protecciones de plástico se mantendrán hasta el momento de proceder a su instalación.

3.2 Sistema de humectación

La humectación se realiza mediante vapor. El agua que se utilice para producir vapor debe tener, como mínimo, calidad de agua potable. Para evitar el crecimiento de

gérmenes se debe de proceder, en caso de ser necesario, a un tratamiento del agua. En cada momento se debe de garantizar la inocuidad toxicológica del aire de impulsión.

El dispositivo de humectación, lanza de vapor, se coloca delante del segundo nivel de filtración y sobre una bandeja de condensación.

La instalación de humectación se diseña para que no se produzcan condensaciones.

Se debe prestar especial atención a la limpieza sistemática y, cuando proceda, a la desinfección de los humectadores de aire, incluyendo el depósito de agua, así como las baterías de calefacción o refrigeración, junto con las bandejas de recogida de agua de condensación (Punto 9 de la norma UNE 100713).

3.3 Recuperación de calor

Debido a la gran cantidad de aire exterior que se precisa para lograr la calidad de aire en las áreas quirúrgicas, la recuperación de calor del tipo “aire-aire” es obligatoria para reducir el consumo energético [15].

Los sistemas de recuperación sólo podrán ser baterías de recirculación (con bomba circuladora) o los sistemas “heat pipe” (por termosifón). Son los únicos que garantizan la total independencia entre los flujos de entrada y salida de aire.

Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal del aire exterior (m^3/s) deben ser como mínimo las indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Eficiencias y pérdidas de carga de los recuperadores de calor (RITE).

Caudal de aire exterior (m^3/s)	Eficiencia mínima (%)	Pérdida de presión máxima (Pa)
de 0.5 a 1.5	50	180
de 1.5 a 3.0	55	200
de 3.0 a 6.0	60	220
de 6.0 a 12	70	240
más de 12	75	260

3.4 Baterías

La batería del climatizador es un posible foco de fijación de polvo y crecimiento de microorganismos por lo es importante facilitar el acceso para labores de limpieza.

Si son necesarias más de 4 filas de tubos se recomienda dividir la batería en secciones de no más de cuatro tubos, con acceso intermedio para limpieza, además de los accesos al inicio de la primera y detrás de la última sección. El espacio entre secciones será de al menos 60 cm.

Para evitar el arrastre de gotas, la velocidad de paso del aire por la batería no debería exceder los 2.5 m/s.

3.5 Tomas y descargas de aire

Para mantener la calidad del aire en el interior del bloque quirúrgico es primordial la situación de la tomas de aire exterior respecto de fuentes de contaminación (descargas de aire, humos, terreno, cubiertas, etc.).

Se seguirán las recomendaciones establecidas en el apartado 6.1 de la norma UNE 100713:2005 sobre tomas de aire exterior y salidas de aire de expulsión.

En la Tabla 2 se indican las distancias mínimas entre las tomas de aire exterior y algunas fuentes de contaminación que se recomiendan en la norma.

Tabla 2. Distancias mínimas desde las tomas de aire exterior a fuentes de contaminación.

Fuente de contaminación	Distancia mínima (m)
Lugar de circulación de vehículos	10
Cubiertas o tejados	2.5
Terreno	2.5

Las descargas de aire serán conducidas hasta el exterior de la sala de climatizadoras.

A efectos de cálculo de las distancias entre descargas y tomas de aire exterior se considerará que las tomas de aire exterior son las rejillas que permiten el paso de aire a la sala de climatizadoras, no las de las climatizadoras.

Para establecer las distancias entre descargas y tomas de aire exterior se usará la expresión propuesta en UNE 100713:2005:

$$d = 0,04\sqrt{Q} \left(\sqrt{f} \pm \frac{V}{2} \right)$$

donde d es la distancia mínima de separación en metros, Q es el caudal de descarga en l/s, se considerará que el aire extraído de los quirófanos es de clase 3, correspondiéndole un factor de dilución $f=15$, V es la velocidad de descarga en m/s y se toma el signo “+” si la toma de aire exterior está orientada hacia la descarga y “-“ en caso contrario. Esta expresión es válida para caudales entre 75 y 1500 l/s; para caudales superiores o inferiores se emplea el valor límite correspondiente.

La separación mínima entre descargas de aire procedente de quirófanos y aberturas, tales como puertas o ventanas será de al menos la mitad de la proporcionada por la fórmula anterior.

Las distancias indicadas representan valores mínimos que, debido tanto a la variabilidad de las condiciones meteorológicas como a las estructuras de los edificios colindantes y a la orografía del terreno, deben ser objeto de análisis crítico.

Las tomas de aire exterior no deben estar al alcance de personas no autorizadas.

Las tomas de aire exterior y las descargas de aire deben estar protegidas de la entrada de agua de lluvia mediante rejillas de lamas inclinadas a 45° hacia abajo y por una malla con una luz de paso de 5 mm como máximo.

3.6 Conductos

Se recuerda el cumplimiento del punto 6.2 de la norma UNE 100713:2005 sobre exigencias técnicas e higiénicas de los conductos de aire.

Se usarán conductos de chapa interior lisa y preferiblemente de sección circular para disminuir la acumulación de suciedad y facilitar su limpieza.

Las paredes de los conductos deben tener la resistencia adecuada a la presión de servicio y deben ser resistentes a la abrasión.

Nivel de estanqueidad según la norma UNE EN 1507:2007 en caso de tratarse de conductos de sección rectangular.

No se permite el empleo de tramos de conducto flexible.

Los conductos, transformaciones y conexiones se deben realizar de forma aerodinámica, evitando la acumulación en su interior de partículas de polvo u otras impurezas. Las curvas deben tener un radio superior a 1,5 veces el diámetro del conducto.

Para evitar ruidos y pérdidas de carga se evitarán las reducciones de la sección de paso, incluso cuando se trate de salvar obstáculos arquitectónicos o de instalaciones.

Para evitar el intercambio de aire entre locales, los conductos de impulsión y extracción deberán estar provistos de compuertas herméticas. En el caso de la impulsión la compuerta de cierre se colocará antes del tercer nivel de filtración. En el caso de la extracción, en un tramo de conducto antes de la unión con conductos procedentes de otros locales, aunque sean del mismo tipo.

Dentro de los conductos no se admiten instalaciones ajenas al ámbito de la instalación de acondicionamiento de aire.

Se minimizarán los tramos de conducto que van desde la toma de aire hasta el ventilador de impulsión por estar en depresión.

3.6.1 Registros

Los conductos deben estar provistos de registros para inspección y limpieza de acuerdo con la norma UNE-ENV 12097.

En la zona donde se encuentren elementos instalados dentro de los conductos de distribución de aire (compuertas de cierre, reguladores de caudal, baterías, etc.) se deben colocar registros para su mantenimiento. Su situación se señalará de forma bien visible y, cuando estas instalaciones se encuentren sobre un falso techo, éste debe ser practicable allí donde exista un registro.

3.6.2 Cuidados especiales durante la instalación

Se recomienda que estas instalaciones se ejecuten por personal especializado, concienciado y adecuadamente supervisado.

Independientemente de las labores de limpieza y desinfección antes de su puesta en marcha, y para evitar la entrada de polvo y suciedad mientras duren las obras, se pondrá especial cuidado en que los conductos permanezcan permanentemente sellados.

Se debe prestar especial atención a no ensuciar las paredes interiores de los conductos durante su transporte, almacenamiento o montaje.

Se minimizará el stock en obra y se almacenarán en lugares limpios. Se desecharán los tramos sucios. Se evitará que el montaje coincida con tareas que generan polvo. Al terminar los trabajos diarios de montaje se protegerán con plásticos las bocas de aire. En definitiva, durante la instalación se tomarán medidas para evitar la suciedad.

Durante la instalación de cualquier conducto perteneciente al sistema de climatización de los quirófanos, se prestará especial cuidado a su montaje para conseguir el mayor nivel de estanqueidad.

Se retardará la instalación de los elementos terminales y una vez colocados se protegerán y se verificará la estanqueidad.

3.7 Rejillas de impulsión y extracción de aire.

Dimensionar las rejillas de impulsión conforme al caudal que deben impulsar para que no se superen 1.5 m/s de velocidad a la salida.

La superficie total de las rejillas de extracción será de al menos la mitad de la superficie total de las de impulsión ⁽¹⁾.

La unión entre la rejilla y el conducto se hará de forma gradual, evitando los cambios bruscos de sección especialmente en las de impulsión.

Las lamas de las rejillas de extracción serán verticales para minimizar las superficies horizontales susceptibles de acumulación de polvo [8].

A ser posible las rejillas de extracción serán de sección triangular, se evitará así que cualquier tipo de mobiliario las obture [8].

4 MOVIMIENTO DEL AIRE ENTRE LOCALES. PRESURIZACIÓN

4.1 Quirófano y salas anexas auxiliares

El diseño del sistema debe intentar minimizar el movimiento de aire desde las zonas menos limpias a las más limpias.

En la Figura 2 se recoge de manera esquemática el sentido de los flujos de aire que deben existir entre el quirófano y sus salas anexas auxiliares para la configuración de pasillo doble y pasillo único.

⁽¹⁾ Con esto se pretende evitar que la sobrepresión se consiga a costa de disminuir el caudal.

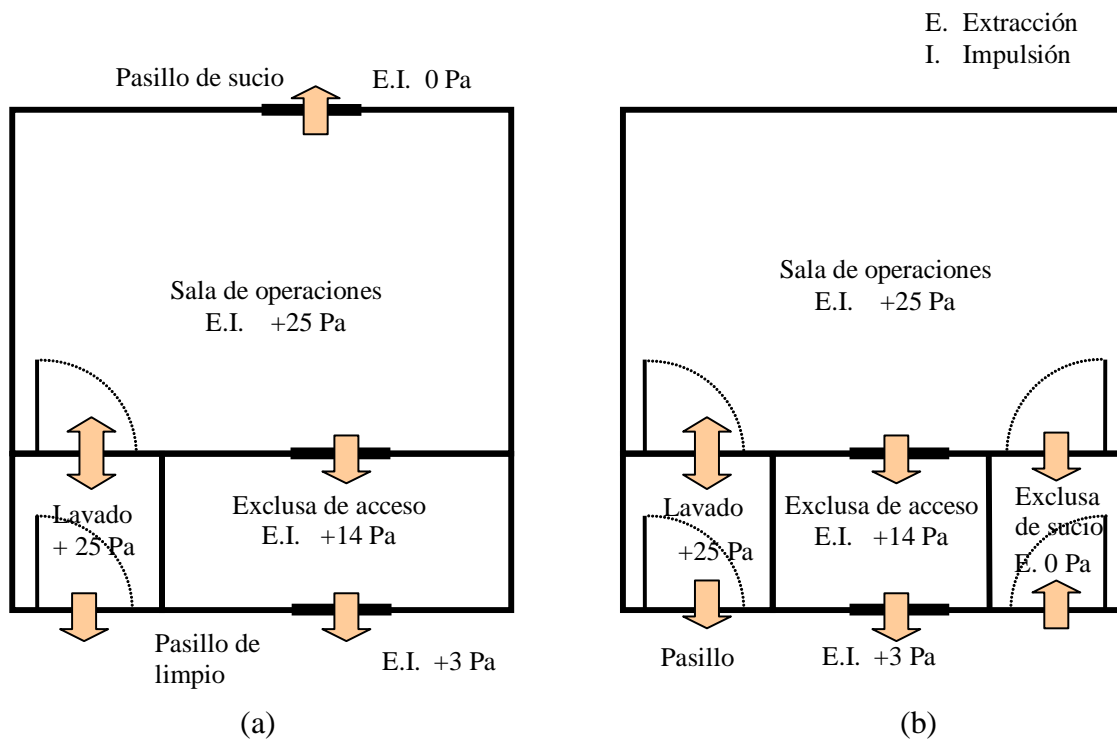


Figura 2. Movimiento de aire para la configuración de: a) dos pasillos y b) un pasillo.

El control del sentido de los flujos de aire se consigue manteniendo un escalonamiento riguroso de la presión entre las dependencias (Figura 2), de forma que el movimiento del aire se produzca de la zona más limpia a la menos limpia.

La sobrepresión deseada se consigue sólo si se mantiene la estanqueidad de las salas involucradas. Cuanto mayor sea la sobrepresión mayor estanqueidad se precisa.

Las presiones relativas entre las diferentes salas anexas auxiliares al quirófano se recogen en la Figura 2, permitiéndose desviaciones de hasta el 20%.

El sistema deberá de incorporar el monitorizado continuo de la presión diferencial entre el quirófano, las salas anexas auxiliares y el pasillo de sucio. Los sensores correspondientes se calibrarán periódicamente.

Las diferencias de presión entre locales se pueden lograr mediante dos procedimientos:

- Compuertas de sobrepresión y estabilizadores de presión que trabajan en un único sentido, permiten que el exceso de aire se dirija a la zona deseada y ayudan a mantener los diferenciales de presión. Véase apartado 6.12 de [37].
- Controlando la velocidad de giro de los ventiladores de impulsión y extracción y por lo tanto los caudales.

Las rejillas de paso o las holguras bajo puertas correctamente dimensionadas permiten pasar al aire en cualquier dirección entre dos dependencias con los mismos requerimientos de sobrepresión.

4.2 Monitorizado de la presión

La diferencia de presión entre quirófano y todas sus salas anexas debe estar monitorizada.

Todos los medidores de presión del bloque quirúrgico tomarán como presión de referencia nula la existente en el pasillo exterior que da acceso al del bloque quirúrgico.

Se dotará al quirófano de una señal de alarma luminosa retardada. Esta señal se activará cuando con alguno de los locales anexas, disminuyan los niveles de sobrepresión con respecto a los establecidos en la recepción, un 25% durante más de 30 segundos.

4.3 Resto del bloque quirúrgico

El resto del bloque quirúrgico se mantendrá sobrepresionado con +3 Pa respecto del resto del hospital. Para conseguirlo se recomienda el uso de exclusas de aire en la zona de acceso al bloque quirúrgico, se evitará la presencia de ventanas y se prestará especial cuidado a la situación y aislamiento de ascensores o montacargas. También se tendrán en cuenta las ventanas de dispensación de farmacia y de instrumental, ropa sucia, evacuación de basura o cualquier otro elemento que pueda llegar a comunicar con otros espacios climatizados o no del edificio.

En caso de existir pasillo de sucio, su comunicación con el de limpio se hará mediante exclusiva (véase apartado 2.2).

5 CLASIFICACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS

No todos los quirófanos tienen las mismas exigencias ambientales. El riesgo de infección postoperatoria está presente en todos los procedimientos quirúrgicos, pero puede ser especialmente serio en ciertos tipos de operaciones. Dada la influencia del sistema de climatización y ventilación en los factores que condicionan el riesgo de infección durante la intervención, los quirófanos se clasificarán en tres tipos.

Tabla 3. Clasificación de los quirófanos ⁽¹⁾.

Tipo	Denominación	Aptos para
A	Quirófanos de cirugía especial o de alta tecnología	Trasplante de órganos, cirugía cardiaca, cirugía vascular con implante, cirugía ortopédica con prótesis, neurocirugía,...
B	Quirófanos convencionales	Cirugías convencionales y de urgencias, resto de operaciones quirúrgicas
C	Quirófanos de cirugía ambulatoria	Cirugía ambulatoria y salas de partos

Conforme a esta clasificación se establecerán las exigencias relativas a la calidad del aire (apartado 6.1), número de renovaciones hora (apartado 6.2), tipos de filtros (apartado 6.4) o la forma de distribución del aire dentro del quirófano (apartado 7).

6 CALIDAD DEL AIRE Y CONDICIONES DE CONFORT

6.1 Calidad del aire

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) en su apartado IT 1.1.4.2.2 categoriza la calidad del aire en el interior (IDA) de un hospital como IDA 1, aire de óptima calidad.

El mismo reglamento establece en el apartado IT 1.1.4.2.3 que para el caudal mínimo del aire exterior de ventilación son válidos los valores de la norma UNE 100713:2005.

La norma UNE 100713:2005 clasifica en dos grupos los locales del hospital según las exigencias higiénicas respecto a la existencia de gérmenes en el aire impulsado y el ambiente e incluye a todos los locales del bloque quirúrgico dentro de la clase I, es decir, con exigencias muy elevadas.

El contenido máximo de partículas de unos determinados diámetros sirve para clasificar las salas. La norma Federal Std. 209E clasificaba las salas en 14 “clases” y su sustituta, la norma UNE-EN-ISO 14644-1, en 9 “números de clasificación N de ISO” (ver apartado B). En la Tabla 4 se indican los requisitos para los tres tipos de quirófanos atendiendo a las dos clasificaciones.

⁽¹⁾ La norma UNE 100713:2005 clasifica los quirófanos en Tipo A y Tipo B, clasificación análoga a la que sigue la guía del INSALUD [28] y las recomendaciones del Servicio de Salud Vasco [13]. Siguiendo el criterio de diversas empresas de ingeniería y consultoría como SEGLA [11] y el Grupo JG [15] se ha añadido un a tercera categoría, Tipo C, para quirófanos ambulatorios.

Tabla 4. Clasificación de los quirófanos atendiendo a la pureza del aire ⁽¹⁾.

Tipo de quirófano	Clasificación de la sala según la norma:		
	Federal Std. 209E ⁽²⁾		UNE-EN-ISO 14644-1
A	M4,5	1.000	6
B	M5,5	10.000	7
C	M5,5	10.000	7

Es importante destacar que la normativa de clasificación de pureza del aire sólo es aplicable a quirófanos como un índice a conseguir cuando el quirófano está en reposo, y que no podrá mantenerse constante durante toda la intervención quirúrgica debido al funcionamiento normal del mismo, donde se abren las puertas del quirófano para el paso del paciente, o simplemente por la presencia del personal de intervención. Es por ello que no puede extenderse el concepto de “sala blanca” al resto de condicionantes que ello implica [15].

6.2 Caudales del aire

En los quirófanos tipo A y tipo B se requiere un caudal de aire exterior superior a 2.400 m³/h y a 20 renovaciones/hora.

En los quirófanos tipo B la totalidad del aire impulsado en el quirófano será aire procedente del exterior.

En los quirófanos tipo C se debe impulsar un mínimo de aire exterior de 1.200 m³/h (333 l/s).

Para facilitar la sobrepresión en el quirófano con respecto a la exclusiva de sucio ésta no contará con impulsión de aire, sólo extracción.

Exceptuando el quirófano, para el resto de dependencias del bloque quirúrgico se requiere un caudal de aire exterior mínimo de 15 m³/(h·m²).

6.2.1 Funcionamiento del quirófano fuera de horas de servicio

Fuera de las horas de servicio debe de asegurarse el funcionamiento de la instalación de acondicionamiento de aire de los quirófanos. Así se evitará su contaminación con aire procedente de otras zonas.

Por el mismo motivo, cuando los quirófanos no estén operativos debe mantenerse en funcionamiento la climatización. Sin embargo, para ahorrar energía, deberá disminuirse el caudal de impulsión y de extracción de forma simultánea al 50% ⁽³⁾, garantizando la

⁽¹⁾ El grupo SEGLA [11] hace una clasificación análoga pero menos restrictiva para los quirófanos Tipo C, permitiendo un número de clasificación N de ISO de 8. Aquí se ha optado por N=7, más acorde con las recomendaciones del grupo JG [15].

⁽²⁾ Norma obsoleta y sustituida por la UNE-EN-ISO 14644-1

⁽³⁾ En [15] se señala que ASHRAE admite reducir el caudal hasta el 25%.

diferencia de presiones con las salas contiguas ⁽¹⁾. Se denominara funcionamiento “en espera”.

El paso de las condiciones de funcionamiento “en servicio” a las condiciones de “en espera” y viceversa se hará con un conmutador desde el interior del quirófano con indicadores luminosos visibles verde y rojo respectivamente.

Los periodos de limpieza y mantenimiento se considerarán como tiempos operativos. Es importante que durante estos periodos se mantenga la disciplina en cuanto a circulaciones de personas y cierre de puertas y exclusas.

El paro completo de las instalaciones es admisible solamente para realizar tareas urgentes de mantenimiento y reparación y deben limitarse a un periodo mínimo. Cuando las instalaciones deban permanecer completamente paradas se debe de garantizar que no se produce circulación de aire a través de los conductos de impulsión y retorno. Para ello deben estar cerrados con compuertas herméticas.

6.3 Temperatura

En general, la temperatura de consigna dentro del quirófano será de 22°C y existirá un termostato que permita regular la temperatura en un rango $\pm 3^{\circ}\text{C}$ con respecto a la temperatura de consigna ⁽²⁾.

El sistema deberá de incorporar el monitorizado continuo de la temperatura del quirófano y el sensor se correspondiente se calibrará periódicamente.

6.3.1 Temperaturas de diseño

Dependiendo del tipo de operación quirúrgica las condiciones de temperatura podrán oscilar desde 18 a 26°C [16]. La climatizadora de los quirófanos tipo A deberá dimensionarse para que en el quirófano se pueda mantener la temperatura a 18 y a 26°C independientemente de las condiciones metereológicas (con un nivel percentil NP=99%) y con el grado de carga térmica previsto durante una intervención tipo.

Para los otros tipos de quirófanos y el resto bloque quirúrgico el sistema se dimensionará para ser capaz de mantener las condiciones de temperatura a 22 y a 26°C independientemente de las condiciones metereológicas (NP=99%) y con el grado de carga térmica previsto.

⁽¹⁾ Si se opta por la estrategia I (véase 3.1), en el modo “en espera” entrarán a 50% además del quirófano, sus las salas anexas auxiliares.

⁽²⁾ Una de las maneras de prevenir la hipotermia en el paciente durante la intervención quirúrgica es mantener una temperatura ambiente alta en el quirófano [42], entre 24°C y 26°C resulta adecuada; mientras que una temperatura por debajo de 21°C pone al paciente en peligro de entrar en hipotermia [18]. Sin embargo, temperaturas superiores a 23°C normalmente son intolerables por el equipo quirúrgico [19] y [42]. Como solución de compromiso se recomienda una temperatura de consigna de 22°C. En [23] analizan los estudios publicados sobre el confort térmico del personal y el riesgo térmico del paciente en quirófanos.

6.3.2 Temperaturas de impulsión

En los quirófanos tipo B y C y en el resto de dependencias del bloque quirúrgico la diferencia de temperatura entre el aire impulsado y el del quirófano no debe superar los 10°C en condiciones de calentamiento (invierno) ni los 7°C en condiciones de enfriamiento (verano). Véase apartado 6.7 de [37].

En los quirófanos tipo A la diferencia de temperaturas se reduce significativamente debido al gran volumen de aire recirculado. Además el aire impulsado incide directamente sobre zona la mesa de operaciones por lo que la diferencia de temperaturas entre el aire de impulsión y el de retorno será inferior a 2°C.

6.4 Filtrado

Como todos los locales del bloque quirúrgico son de clase I se precisan tres niveles o etapas de filtración de aire. En la Tabla 5 se indica el tipo de filtro utilizado en cada etapa.

Tabla 5. Clases de filtros

Nivel de filtración	Clase de filtro	Norma UNE
1º	F5	EN 779
2º	F9	EN 779
3º	H13 en general y H14 en quirófanos Tipo A	EN 1822-1

Para evitar una colmatación prematura de los filtros es muy importante no superar el caudal nominal o velocidad de paso del aire de cada filtro recomendada por el fabricante, instalando la sección necesaria.

El estado de los filtros se controlará instalando sondas de presión diferenciales entre cada nivel de filtración. Se procederá la sustitución cuando se alcance la pérdida de carga máxima recomendada por el fabricante.

La estanqueidad y eficacia de cada uno de los niveles de filtración debe de mantenerse en cualquier circunstancia de funcionamiento de la instalación.

Embolsar los filtros cambiados inmediatamente después de retirarlos para evitar la dispersión de suciedad durante su transporte.

6.4.1 Primer nivel de filtración.

Tendrá una eficacia F5.

Se colocará dentro de la unidad climatizadora, en la entrada de aire y antes de la sección de baterías.

Si el conducto de aspiración tiene una longitud superior a 10 m se colocará en la toma de aire exterior. También se puede optar por mantener el filtro F5 a la entrada de la climatizadora y colocar uno grueso G4 en la toma de aire exterior.

6.4.2 Segundo nivel de filtración.

Tendrá una eficacia F9.

Se colocará después de la unidad de tratamiento de aire y al comienzo del conducto de impulsión, es decir, será el último elemento de la unidad climatizadora.

Se prefiere el empleo de filtros de tipo rígido frente a los de tipo bolsa. Éstos últimos se pliegan si no circula aire a su través, liberando partículas de polvo cuando se procede a su manipulación.

La velocidad de paso del aire a través de estos filtros no será superior a 2,5 m/s o a la especificada por el fabricante.

6.4.3 Tercer nivel de filtración o filtración absoluta de alta eficiencia (HEPA)

En general tendrá una eficacia H13, pero para quirófanos Tipo A la eficacia será H14.

Se colocará lo más próximo posible a la sala a climatizar y, en el caso de quirófanos, serán obligatoriamente filtros terminales.

La velocidad de paso del aire no será superior a 1,5 m/s o a la especificada por el fabricante.

6.4.4 Filtración en la descarga de aire

Antes del ventilador de extracción y del recuperador se colocará un filtro de eficiencia G4 para proteger a ambos elementos.

6.5 Humectación

La humectación tiene por objetivo mantener el porcentaje de humedad relativa en el quirófano adecuado además de por necesidades asistenciales, para eliminar las cargas electrostáticas y minimizar la proliferación de microorganismos.

Se seguirán las recomendaciones de del punto 6.5.5 de la norma UNE 100713:2005.

El sistema deberá de incorporar el monitorizado continuo de la humedad en el quirófano y el sensor se correspondiente se calibrará periódicamente.

6.5.1 Niveles

La humedad en el quirófano deberá estar comprendida entre 40 y el 60%. En el caso poco probable de que se utilicen gases anestésicos inflamables, se debe de mantener un mínimo de 50% de humedad dentro del quirófano, por tanto, el punto de ajuste para el control de humedad debería ajustarse a 55% \pm 5%.

El nivel de humedad podrá exceder ligeramente el 60% si la temperatura demandada en el quirófano se aproxima a los 18°C y las temperaturas exteriores son elevadas.

6.5.2 Dimensionado de la instalación de humectación

El humidificador debe de seleccionarse para poder humidificar hasta el 50% de saturación a 20°C cuando las condiciones exteriores de diseño son de invierno. El serpentín de enfriamiento debería de poder eliminar humedad suficiente como no

superarse el 60% de saturación a 20°C cuando la las condiciones exteriores de diseño son las de verano. (Véase apartado 6.33 de [37])

6.6 Nivel de ruido

El nivel de ruido producido por el aire de impulsión o de extracción no debe superar 40 dB (A)

Se recuerda el cumplimiento de la normativa local.

6.7 Resumen

En la Tabla 6 se resumen los parámetros de la instalación de climatización para los tres tipos de quirófanos.

Tabla 6. Resumen de parámetros de la instalación de climatización para los quirófanos

	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Flujo de aire	Unidireccional (Laminar)	Por dilución (Turbulento)	Por dilución (Turbulento)
Caudal de aire exterior	>20 ren/h y >2400 m ³ /h	>20 ren/h y >2400 m ³ /h	>10 ren/h y>1200 m ³ /h
Aire recirculado	SI	NO	--
Velocidad del aire (m/s)	<0.2	0.2 - 0.3	0.2 - 0.3
Temperatura de diseño (°C)	18-26	22-26	22-26
Filtros	F5 / F9 / H14	F5 / F9 / H13	F5 / F9 / H13
Partículas	ISO 5	ISO 7	ISO 7
Presión	+20 a +25	+20 a +25	+20 a +25
Humedad relativa (%)	40-60	40-60	40-60
Nivel sonoro (dBA)	40	40	40

7 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE EN EL QUIRÓFANO

Dentro de un quirófono se pueden distinguir dos zonas de ocupación:

- Zona limpia: mesa de operaciones y mesa de instrumental
- Sala limpia: resto del quirófono

Independientemente del tipo de distribución de aire dentro del quirófono la velocidad del aire sobre la mesa de operaciones será inferior a 0.15 m/s.

7.1 Distribución de aire por difusión

También se emplea la denominación de “distribución de aire por mezcla” o “quirófanos de flujo turbulento”. Será el sistema a utilizar en quirófanos tipo B y C.

7.1.1 Tipo de flujo

La filosofía de distribución de aire dentro de la sala se basa en la necesidad de diluir los contaminantes. Para ello es necesaria una buena mezcla del aire aportado y con el aire del local.

7.1.2 Rejillas de impulsión

Las rejillas de impulsión estarán situadas en el techo o en la parte superior de la pared, distribuidas uniformemente en el perímetro del quirófano. Deben permitir la regulación del caudal y la orientación de flujo, ser de fácil limpieza y silenciosas.

7.1.3 Rejillas de extracción

Las rejillas de extracción se colocarán obligatoriamente en las proximidades del suelo repartidas uniformemente en el perímetro del quirófano y en número de al menos cuatro.

Se pueden colocar rejillas de extracción adicionales en las proximidades del techo, en tal caso el caudal de aire extraído en estas últimas no será superior al 30% del caudal total de extracción.

Se recomienda que las rejillas de extracción, al menos las inferiores, tengan forma triangular y sus lamas sean verticales.

7.2 Distribución de aire unidireccional

También se emplea la denominación “quirófanos de flujo laminar”. Será el sistema recomendado en quirófanos tipo A.

7.2.1 Tipo de flujo

Dadas las particularidades de las intervenciones que se desarrollan en los quirófanos tipo A, se pretende proporcionar aire limpio y filtrado en la zona limpia: donde se está desarrollando la cirugía y donde se exponen los instrumentos estériles. Por ello, en estos quirófanos se recomienda el sistema de difusión de aire unidireccional. Se prefieren los sistemas de flujo vertical a los sistemas de flujo horizontal, ya que para mantener estéril el campo de operaciones en los de flujo horizontal se precisa limitar los movimientos del equipo quirúrgico alrededor de la mesa de operaciones ⁽¹⁾.

Deberá prestarse especial cuidado a cualquier obstáculo existente entre el techo y la zona de protección, en particular la lámpara quirúrgica. Su diseño y fijación serán tales

⁽¹⁾ No se recomienda el uso de sistemas de flujo de aire unidireccionales de tipo horizontal. Se ha verificado [32] un aumento de la tasa de infecciones en pacientes sometidos a operaciones de cirugía ortopédica con prótesis en quirófanos con flujo unidireccional horizontal frente a los intervenidos en un quirófano de flujo convencional, interpretándose que ello se debía a la posición del equipo quirúrgico y de la herida respecto al flujo de aire. Del mismo modo, son numerosos los estudios [24] que avalan el uso de quirófanos de flujo laminar vertical frente a los de flujo turbulento.

que minimicen el efecto de bloqueo sobre el flujo de aire procedente del difusor de techo [17].

Un factor que afecta al patrón de flujo es la diferencia de temperatura entre el aire impulsado y el de la zona limpia. Cuando se trabaja en modo calefacción esta diferencia no debe ser superior a 1°C para evitar que los efectos de flotabilidad reduzcan el volumen de aire que llega a la zona limpia.

El caudal de aire recirculado aproximadamente triplicará al caudal de aire exterior.

7.2.2 Unidad terminal

La sección de salida del aire debe ser suficientemente grande como para cubrir la zona limpia, al menos de 8 m².

La velocidad del aire en la salida del difusor estará entre 0,13 y 0,18 m/s. Este valor junto con el tamaño del difusor imponen el caudal de impulsión, que incluye el caudal de entrada (aire exterior) y el caudal recirculado.

El tercer nivel de filtración absoluta de alta eficiencia (HEPA) se colocará en la unidad terminal, inmediatamente antes de la descarga del aire. Normalmente formará parte del propio difusor.

Existen dos tipos de unidad terminal: las de tipo compacto y las de retorno conducido.

- En las de tipo compacto las tomas de aire recirculado se disponen en los laterales de la unidad terminal de impulsión de aire. Contarán con un deflector o pantalla perimetral de al menos 30 cm de altura que evite el cortocircuito entre la salida de aire de la unidad y la toma de aire recirculado.
- En las de retorno conducido parte del caudal extraído del quirófano con las rejillas de extracción convencionales se deriva hasta la impulsión, inmediatamente delante del filtro terminal.

7.2.3 Rejillas de extracción

Si se opta por unidades terminales de tipo compacto se recomienda colocar las rejillas de extracción sólo en las proximidades del suelo.

Si se opta por que el aire recirculado proceda de una derivación en el conducto de extracción, se recomienda colocar rejillas de extracción adicionales en las proximidades del techo.

El resto de condicionantes permanecen igual que en los quirófanos con distribución de aire por difusión.

7.3 Salas anexas auxiliares del quirófano

En las salas anexas auxiliares del quirófano el sistema de distribución de aire será por difusión.

La presencia de extracción y/o impulsión de aire viene señalada en la Figura 2.

Las rejillas de impulsión se colocarán en el techo o en la parte superior de las paredes.

Se recomienda que las rejillas de extracción de la exclusiva de acceso se coloquen en el techo o en la parte alta de las paredes para evitar su obstrucción por los elementos auxiliares presentes en esta sala.

8 REGULACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

8.1 Trabajos previos a la puesta en marcha

Antes de poner en marcha el sistema de climatización y ventilación se deberán realizar los siguientes trabajos en las **climatizadoras** [31]:

- Limpiar la sala de climatizadoras.
- Limpiar la toma de aire exterior y el prefiltro de la climatizadora
- Limpiar interiormente las secciones de la climatizadora.
- Limpiar los filtros de agua previos a las válvulas monitorizadas.
- Comprobar el funcionamiento de las compuertas monitorizadas.
- Verificar el sentido de giro de los ventiladores.
- Comprobar el funcionamiento y limpieza de la bandeja de condensados.
- Comprobar el sistema de humectación.

Trabajos previos en la **red de conductos**:

- Comprobar la limpieza interior a través de los registros.
- Comprobar la correcta colocación de los elementos de medida y control.

Trabajos previos en el **quirófano**:

- Comprobar el estado de limpieza interior.
- Comprobar que los elementos principales interiores están colocados.
- Comprobar el funcionamiento de las puertas automáticas y verificar su estanqueidad.
- Retirar los plásticos protectores de las unidades terminales de aire.
- Primer soplado sin filtros absolutos.
- Colocación de filtros absolutos. Puesta en marcha del sistema de humectación.

8.2 Regulación y comprobaciones

Una vez realizados con éxito los trabajos previos y puesta en marcha la instalación se procederá a la regulación de la misma realizando todas las comprobaciones y ajustes necesarios para verificar el cumplimiento de todos los puntos de esta directriz. En particular en lo referente a:

- Comprobar el caudal impulsado y extraído por la unidad climatizadora.
- Comprobar el caudal impulsado en cada una de las unidades terminales, especialmente en las de quirófano.
- Comprobar el caudal en cada una de las rejillas de extracción, especialmente en las del quirófano.
- Evaluar el caudal de fugas para comprobar la estanqueidad del quirófano.
- Comprobación de los flujos de aire dentro del quirófano.
- Comprobación de las medidas efectuadas por las sondas de presión, temperatura y humedad; precisión y tiempos de respuesta.
- Comprobación y ajuste de las diferencias de presión entre salas contiguas. Si se ha realizado algún tipo de ajuste habrá que volver a medir el caudal impulsado y extraído de las salas hasta conseguir que tanto caudales como diferencias de presiones se ajusten a lo establecido en esta directriz.
- Realizar las mismas comprobaciones y ajustes cuando la climatización del quirófano esté funcionando en modo de fuera de horas de servicio.
- Comprobación del sistema de gestión centralizado.
- Verificar que el sistema es capaz de mantener el quirófano a las temperaturas máximas y mínimas establecidas independientemente de las condiciones exteriores y con las fuentes de calor interiores habituales en una intervención.
- Lo mismo del punto anterior para la humectación.

Todos los trabajos de regulación y comprobación deberán de realizarse antes de proceder a la toma de muestras de aire para controlar la calidad ambiental microbiológica en conductos y salas.

9 CERTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DEL QUIRÓFANO

Se seguirá la norma UNE-EN 12599:2001. Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados.

Se verificará el cumplimiento de todas las especificaciones de esta directriz. Además, para los parámetros objeto de cuantificación se realizarán las siguientes pruebas:

9.1 Presión diferencial

Se medirá la diferencia de presiones entre:

- El bloque quirúrgico y es resto del hospital
- Entre el pasillo de limpio y la sala de lavado, la exclusiva de acceso y la exclusiva de sucio.

- Entre el quirófano y la sala de lavado, la exclusiva de acceso, la exclusiva de sucio y, en su caso, el pasillo de sucio.

Todas las medidas de presión diferencial que involucren al quirófano y/o sus salas anexas auxiliares se realizarán con el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%) y en modo “en espera” (caudales al 50%).

Las medidas se realizarán con las puertas y exclusas cerradas.

9.2 Temperaturas

Se verificará la temperatura ambiente en el quirófano y la temperatura de impulsión realizando medidas en:

- Tres puntos a lo largo de la mesa de operaciones y a 20 cm por encima de la misma.
- En seis puntos alrededor de la mesa de operaciones: uno en la cabecera de la mesa, otro a los pies y dos en cada uno de los laterales. Las medidas se realizarán a 150 cm de altura respecto del suelo y a 30 cm de separación de la mesa.
- En las impulsiones de aire se realizará una medida por cada 0.25 m² de superficie y a 30 cm de la rejilla en la dirección del flujo.
- Una medida en cada una de las extracciones de aire, a 10 cm de separación del centro de la correspondiente rejilla.

Para comprobar que el sistema de climatización puede alcanzar las temperaturas de diseño fijadas, independientemente de las condiciones meteorológicas exteriores, sería conveniente hacer las medidas en dos días de temperaturas extremas, uno de verano a mediodía y otro de invierno a primera hora de la mañana. Por ello la primera certificación tendrá un carácter provisional y no será definitiva en tanto en cuanto no se realice la segunda medida de temperaturas en el periodo estacional opuesto.

Las medidas se realizarán con las puertas cerradas y el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%).

9.3 Velocidad del aire

La velocidad del aire en el ambiente sobre la mesa de operaciones se medirá con sonda omnidireccional.

En los quirófanos de distribución de aire unidireccional, la velocidad del aire a la salida del difusor se medirá con anemómetro de hélice, sonda de hilo caliente o sonda omnidireccional. Se tomará una medida por cada 0.25 m² de difusor y a 20 cm de distancia.

9.4 Humedad

Se medirá la humedad relativa con el quirófano a máxima y a mínima temperatura de diseño. Para garantizar que el sistema de humectación alcanza las condiciones

impuestas en la directriz para las distintas condiciones exteriores se procederá de igual modo que para la temperatura, se realizan medidas en verano y en invierno y la primera certificación tendrá carácter provisional..

Las medidas se realizarán con las puertas cerradas y el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%).

9.5 Caudales de aire

El caudal de aire exterior se medirá con la técnica de gases trazadores utilizando el método de la caída de concentración.

Para las medidas del caudal en cada una de las rejillas de extracción se utilizarán conos de caudal.

Todas las medidas se realizarán con el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%) y en modo “en espera” (caudales al 50%).

9.6 Clasificación del quirófano

Para verificar que el quirófano se puede clasificar como ISO 6 ó ISO 7, según corresponda, se utilizará un contador láser dotado de sonda isocinética que cuente el número de partículas entre 0.3 y 10 micras, por difracción directa.

9.7 Control microbiológico ambiental

La certificación del quirófano se completará con un control microbiológico, independientemente de los controles periódicos que se realicen una vez puesto en servicio.

Dado que el control microbiológico está íntimamente relacionado con los otros parámetros que se tratan en esta directriz, la toma de muestras se hará una vez verificado el cumplimiento del resto de aspectos de la directriz, cuantificables o no.

La toma de muestras se realizará como mínimo, a la salida de impulsiones de aire y a la altura de la mesa de operaciones. En caso de impulsiones de gran tamaño se tomará una muestra por cada metro cuadrado.

El número y tipo de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³) lo fijara el servicio de medicina preventiva. Como valores orientativos, se recomienda la ausencia de hongos y, en cuanto a las bacterias, se considera un ambiente muy limpio si se miden menos de 10 UFC/m³, ambiente limpio si se miden entre 10 y 100 UFC/m³ y ambiente aceptable entre 100 y 200 UFC/m³.

10 ANEXOS

A. NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A.1 Normativa nacional

- UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. El RITE la contempla en el punto IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior.
- UNE-EN 1507:2007. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanquidad.
- UNE-ENV 12097:1998 ⁽¹⁾. Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos.
- UNE-EN 12237:2003. Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica.
- UNE-EN 13053:2003. Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y prestaciones de unidades, componentes y secciones.
- UNE-EN 12599:2001 y UNE-EN 12599/AC:2002. Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados.
- UNE-EN 1886:1999. Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Rendimiento mecánico.
- UNE 100180:2004. Requisitos mínimos exigibles a las unidades de tratamiento de aire según la Norma UNE-EN 1886.
- UNE-EN ISO 14644-1:2000 ⁽²⁾. Salas limpias y locales anexos. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire. (ISO 14644-1:1999).

⁽¹⁾ Habría que añadir:

- UNE-EN 1505:1999. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios, de sección rectangular. Dimensiones.
- UNE-EN 1506:1999 Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios, de sección circular. Dimensiones.
- UNE-EN 13403:2003. Ventilación de edificios. Conductos no metálicos. Red de conductos de planchas de material aislante.

⁽²⁾ Esta norma tiene más partes, las 6 y 8 están como proyecto de norma.

- UNE-EN ISO 14644-2:2001. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 2: Especificaciones para los ensayos y el control para verificar el cumplimiento continuo con la Norma ISO 14644-1. (ISO 14644-2:2000)

...continúa en la siguiente página.

- UNE-ENV 1631:1997. Tecnología de salas limpias. Proyecto, construcción y gestión del funcionamiento de salas limpias y de dispositivos de aire limpio.
- UNE-EN 13779:2005. Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos. El RITE la contempla en los puntos IT 1.1.4.1 Exigencia de calidad térmica del ambiente, IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior y en el IT 1.3.4.4 Seguridad de utilización.
- UNE-EN 779:2003. Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación de las prestaciones de los filtros.
- UNE-EN 1822-1:1999 ⁽¹⁾. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo, marcado.
- UNE-ENV 12097:1998. Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos. El RITE la contempla en el punto IT 1.3.4.2.10 Conductos de aire.
- UNE 100030:2005 IN. Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones. El RITE la contempla en el IT 1.2.4.1.3.4 Maquinaria frigorífica enfriada por agua o condensador evaporativo.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. RITE. Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio. BOE nº 207 del 29 de agosto de 2007.

A.2 Normativa internacional

En la Tabla 7 se recoge un resumen de los límites que normativas y estándares de algunos países europeos y americanos establecen en cuanto a velocidad del aire, temperatura, humedad relativa, renovaciones hora, posibilidad de recircular el aire,

-
- UNE-EN ISO 14644-3:2006. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 3: Métodos de ensayo (ISO 14644-3:2005)
 - UNE-EN ISO 14644-4:2001. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 4: Diseño, construcción y puesta en servicio. (ISO 14644-4:2001).
 - UNE-EN ISO 14644-5:2005. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 5: Funcionamiento. (ISO 14644-5:2004)
 - PNE-prEN ISO 14644-6 . Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 6: Vocabulario.
 - UNE-EN ISO 14644-7:2005. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 7: Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, minientornos) (ISO 14644-7:2004)
 - PNE-EN ISO 14644-8. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 8: Clasificación de la contaminación molecular transportada por el aire. (ISO 14644-8:2006)

⁽¹⁾ Esta norma tiene 5 partes:

- UNE-EN 1822-2:1999. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 2: Producción de aerosol, aparatos de medición, estadísticas de conteo de partículas.
- UNE-EN 1822-3:1999. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 3: Ensayo de medio filtrante plano.
- UNE-EN 1822-4:2001. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 4: Ensayo de estanquidad de la célula filtrante (método de exploración).
- UNE-EN 1822-5:2001. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 5: Medida de la eficacia de la célula filtrante.

diferencia de presión entre locales anexos y tipo de filtros. En la última fila se añade lo que establece la norma UNE 100713:2005 para facilitar la comparación.

Tabla 7. Resumen de normativa y estándares europeos y americanos sobre climatización y ventilación en quirófanos [22].

Estándar	Tipo de cirugía	Velocidad del aire (m/s)	Temperatura de diseño (°C)	Humedad relativa (%)	Mín. nº de intercambios de aire exterior por hora	Mín. nº de intercambios de aire total	Recirculación de aire en la habitación	Presión en relación con áreas adyacentes	Eficiencia de filtros
Brasil [5]	I		19-24	45-60	15	25		P	75-84/70-89/99.97
	II		19-24	45-60	15	15		P	75-84/70-89 (min.) 75-84/70-89/99.97(rec.)
	C		22-26	45-60	15	15		P	
ASHRAE [2]			17-27	45-55	15	15	Si	P ^(*)	25 / 90 / 99.97
			17-27		5	25	Opc.	P	25 / 90 / 99.97
ASHRAE [4]	C							P	40-50 / 90-95
	B							P	40-50 / 90-95
	A		20-23.9	30 - 60	4	20	No		45-50 / 99.97
HVAC [2]	I		20 - 23.9	30 - 60	5	25	No	P	
CDC [9]			20 - 23	30 - 60	3	15	No	P	99.97
AIA [1]			20 - 23	30 - 60	3	15	No	P	99.97
Francia [14]			20 - 25	40 - 60					70-80 / 80-90 / 99.95
Holanda [10]			21±3						40-60 / 80-90 / >95 / 99.95
Alemania [12]			18-24 y 27	50					85 / 99.95 / 99.995
Alemania y Suiza [41]		0.2	21	30 - 50					80-90 / >95 / 85 ó 95
British Medical Council [30]			23±3	40 - 60		10		+25 Pa	99.97
Singapur y HTM [35]			17-27	50-60			Si		80-90 / 99.97
			15-25	40-60					
España	A y B		22 - 26	45-55	>633 l/s	>20	Opc.	P	70-80; E>98; y 99.95 ó 99.995

A.3 Documentos de referencia

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) **HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics**. ISBN 1-931862-26-5, 2003.

NHS Estates, **Health Technical Memorandum 2025, Design considerations. Ventilation in healthcare premises**, ISBN 0-11-321752-8, London, 1998. (o su equivalente: Scottish Health Technical Memorandum 2025 Part 2 Design considerations. Ventilation in healthcare premises v2.0 Junio, 2001)

Ministerio de Sanidad y Consumo. Subdirección General de Obras, Instalaciones y Suministros. **“Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos”** ISBN: 84-351-0221-1, INSALUD, Secretaría General, Madrid, 1996

Dirección de Asistencia Sanitaria-Osakidetza. Dirección de Salud Pública. Departamento de Sanidad. **“Recomendaciones para la minimización de los riesgos microbiológicos asociados a las infraestructuras hospitalarias de Osakidetza/Servicio Vasco de Salud”** Vitoria, 1999.

B. ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN DE SALAS LIMPIAS

El Federal Standard 209E (Tabla 8) ha sido durante mucho tiempo la única norma que definía los niveles de clasificación de las habitaciones limpias por lo que ha sido muy utilizada a nivel internacional. La norma vigente actualmente y que la sustituye es la UNE-EN ISO 14644-1 (Tabla 9). Para facilitar la adaptación a la nueva norma en la Tabla 10 se muestran las equivalencias entre ambas.

Tabla 8. Clasificación de salas estériles según la antigua norma Federal Standard 209E.

Clase	Número máximo de partículas por m ³ aire.						
	SI	Inglés	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	5,0 µm
M 1			350	75.7	30.9	10.0	--
M 1.5		1	1.240	265	106	35.3	--
M 2			3.500	757	309	100	--
M 2.5		10	12.400	2.650	1060	353	--
M 3			35.000	7.570	3090	1.000	--
M 3.5		100	--	26.500	10600	3.530	--
M 4			--	75.700	30900	10.000	--
M 4.5		1000	--	--	--	35.300	247
M 5			--	--	--	100.000	618
M 5.5		10000	--	--	--	353.000	2.470
M 6			--	--	--	1.000.000	6.180
M 6.5		100000	--	--	--	3.350.000	24.700
M 7			--	--	--	10.000.000	61.800

Tabla 9. Clase de partículas contenidas en el aire para salas limpias según la norma vigente UNE-EN ISO 14644-1.

Nº de ISO	Valor máximo de partículas por m ³ de aire.					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
Clase ISO 1	10	2				
Clase ISO 2	100	24	10	4		
Clase ISO 3	1.000	237	102	35	8	
Clase ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83	
Clase ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
Clase ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
Clase ISO 7				352.000	83.200	2.930
Clase ISO 8				3.520.000	832.000	29.300
Clase ISO 9				35.200.000	8.320.000	293.000

Tabla 10. Equivalencias entre las normas Federal Standard 209E y UNE-EN ISO 14644-1.

UNE-EN ISO 14644-1	Federal Standard 209E	
	Inglés	SI
1		
2		
3	1	M1.5
4	10	M2.5
5	100	M3.5
6	1.000	M4.5
7	10.000	M5.5
8	100.000	M6.5
9		

C. BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Institute of Architects (AIA). “Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Health Care Facilities”, Washington. 2001
- [2] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering (ASHRAE). “ASHRAE Handbook – HVAC Applications, C.7”. 1999.
- [3] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering (ASHRAE). “HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics”. 2003.
- [4] ASHRAE “Standard 170, Ventilation of Health Care Facilities” – Public Review Draf. 2005.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). “NBR 7256: Tratamento de Ar em Unidades Médico-assistenciais”. Rio de Janeiro. 1982
- [6] Cacciari P., Giannoni R., Marcelli E. Cercenelli L. “ Considerations on isolation rooms and alternative pressure ventilation systems”. Ann Ig. Vol 16, 2004.
- [7] Campayo, F. J.; y otros. “Comparación de la eficacia de dos sistemas de ventilación. Bioseguridad ambiental en quirófanos y otras salas de riesgo” Todo Hospital. Mayo 2003.

- [8] Campos, V. 2004. “Taller: Control y mantenimiento de la bioseguridad ambiental en el bloque quirúrgico del hospital. Casos prácticos”. Curso de calidad ambiental en hospitales: quirófanos y áreas críticas, 3ª edición. SEGLA, Barcelona.
- [9] Centers for Disease Control and Prevention (CDC and HICPAC) and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). “Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities”. 2003.
- [10] College bouw ziekenhuisvoorzieningen (CBZ). “Operatieafdeling”, 2004.
- [11] Cruceceta, G. 2005. "Verificación y validación de la calidad ambiental en áreas quirúrgicas", Revista de Ingeniería Hospitalaria, nº 30, pp 12-17.
- [12] Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH) et al. „Guidelines (draft): Designing and Operating Heating, Ventilation and Air-Conditioning in Hospitals. Hyg Med, 2002.
- [13] Dirección de Asistencia Sanitaria-Osakidetza. Dirección de Salud Pública. Departamento de Sanidad. “Recomendaciones para la minimización de los riesgos microbiológicos asociados a las infraestructuras hospitalarias de Osakidetza/Servicio Vasco de Salud” Vitoria, 1999.
- [14] Dorchie, F. „Nosocomial Infections and Air filtration in Operating Theatre Suites. Application of French Standard NFS90-351:2003. Business Briefing: Hospital Engineering & Facilities Management, 2005.
- [15] Gallostra, J. de la Torre L. y Goiricelaya, J. “Criterios de diseño de sistemas eléctricos y ambientales en las áreas de riesgo de un hospital: tendencias actuales y de futuro” Grupo JG Ingenieros Consultores. Barcelona.
- [16] Grupo de trabajo de la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene y el INSALUD. Recomendaciones para la verificación de la bioseguridad ambiental (BSA) respecto a hongos oportunistas. Madrid, 2000
- [17] Hartung C. and Kugler J. 1998. “Perturbations affecting the performance of laminar flow in operating theatres.”15th IFHE Congress. Edinburgh, Scotland.
- [18] Johnston, I.D.A and Hunter, A. R., 1984. “The design and utilization of operating theatres”. The Royal College of Surgeons of England.
- [19] Leslie, K. and Sessler, D.I., 2003. “Perioperative Hypothermia in the high-risk surgical patient”. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. Vol.17, n4, pp. 485-498.
- [20] Lewis, J. R. 1993. Operating room air distribution effectiveness. ASHRE Transactions 99(2), 1191-1200.
- [21] McCarthy and Splenger “Indoor Environmental Quality in Hospitals” del libro *Indoor Air Quality Handbook* de J.D. Spengler, ed. McGraw Hill.
- [22] Melhado, M., Hensen, J. L. M., Loomans, M., & Forejt, L. 2006. "Review of operating room ventilation standards", Proceedings of the 17th Int. Air-conditioning and

Ventilation Conference, 17-19 May, STP - Society of Environmental Engineering, Prague, p. 7 pages on CD

[23] Melhado, M., Hensen, J. L. M., & Loomans, M. 2006. "Literature review of staff thermal comfort and patient "thermal risks" in operating rooms", Proceedings of the 8th Int. Healthy Buildings conference, 4 - 8 June, Lisbon, ISIAQ, pp. 11-14

[24] Melhado, M., Hensen, J., & Loomans, M. 2006. "Review of ventilation systems in operating rooms in view of infection control", Proceedings of the 6th Int. Postgraduate Research Conf.. in the Built and Human Environment, 6 - 7 April, Technische Universiteit Delft, BuHu, University of Salford, pp. 478-487

[25] Memarzadeh F. y Jiang J. "Methodology for Minimizing Risk from Airborne Organisms in Isolation Rooms" MN-00-11-2 ASHRAE Transactions Symposia.

[26] Memarzadeh F. y Manning A. "Thermal Comfort, Uniformity, and Ventilation Effectiveness in Patient Rooms: Performance Assessment Using Ventilation Indices" MN-00-11-3 ASHRAE Transactions Symposia.

[27] Memarzadeh, F.; Manning, A. P. 2002. Comparison of operating room ventilation systems in the protection of the surgical site. ASHRAE Transactions. Vol. 108, Nº 2, pp. 3-15.

[28] Ministerio de Sanidad y Consumo. Subdirección General de Obras, Instalaciones y Suministros. "Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos" ISBN: 84-351-0221-1, INSALUD, Secretaría General, Madrid, 1996

[29] Phillips D.A., Sinclair R.J., Schuyler G.D.- "Isolation Room Ventilation Design Case Studies"- IAQ 2004.

[30] Rao, SKM, "Designing Hospital for better Infection Control: an Experience". MJAFI 2006; 60 : 63-66, 2004

[31] Sánchez, A., Cera, J. "Cómo se hizo: Bloque quirúrgico desde el diseño hasta el primer paciente". Curso de calidad ambiental en hospitales: quirófanos y áreas críticas, 3ª edición. SEGLA, Barcelona.

[32] Salvati EA, Robinson RP, Zeno SM, Koslin BL, Brause BD, Wilson PD, Jr. Infection rates after 3175 total hip and total knee replacements performed with and without a horizontal unidirectional filtered air-flow system. J Bone Joint Surg Am 1982; 64:525-535.

[33] Schmidt , P. 1987. Air control in operating theatres. Heizung Luftung Haus Technik 38(3):145-153.

[34] Sterifel A. " Infection Control in Hospital Building Maintenance and Operations" Business Bieffing: Hospital Engineering &Facilities Management 2005.

[35] Sze, G., Hwa, L.S. and Mathur, A. "Hospital HVAC Design: A Challenge for IAQ, Energy Recovery and System Reliability". Air Conditioning and Refrigeration Journal. 2002.

- [36] UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. El RITE la contempla en el punto IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior.
- [37] Ventilation in healthcare premises. Design considerations. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.
- [38] Ventilation in healthcare premises. Operation management. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.
- [39] Ventilation in healthcare premises. Overview and management responsibilities. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.
- [40] Ventilation in healthcare premises. Validation and verification. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.
- [41] Verein Deutscher Ingenieure (VDI). “Technische Gebäudeausrüstung von Krankenhäusern – Building Services in Hospitals HVAC”, 2004.
- [42] Wildt, M., 1996. “Pressure Hierarchy and Indoor Climate of Hospital Rooms”. M. Maroni (ed.). Ventilation and Indoor Air Quality in Hospitals, 219-225. Kluwer Academic Publishers.