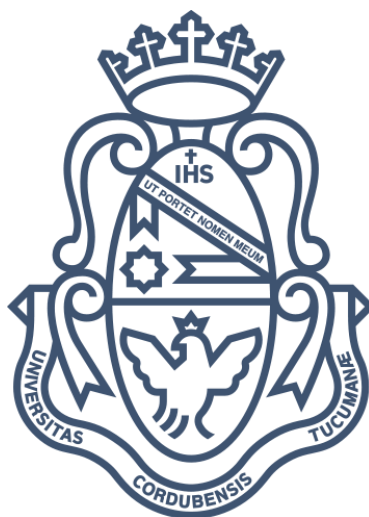


Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Facultad de Ciencias Médicas  
Ingeniería Biomédica

## Tratamiento de aire en UTI aislados

Trabajo basado en el proyecto de factibilidad de la UTI del Hospital de Urgencias de Córdoba



Alumno:

Chicco, Fabián Gabriel – 37093800

Asesores:

Maestro, Silvina

Pérez Corti, Santiago

Córdoba, octubre de 2023



## **Resumen**

Este proyecto integrador surge de la necesidad de establecer un diseño basado en la normativa vigente para mejorar las instalaciones del sector de aislados de la terapia intensiva del Hospital Municipal de Urgencias de la Ciudad de Córdoba.

Se evaluaron y relevaron aspectos inherentes a la calidad del aire, métodos de climatización y filtrado, determinando así las principales falencias del actual sistema instalado.

Este trabajo integrador se basa en la aplicación de las normas IRAM de Emergencia 80400: “Sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud” y de su sucesora IRAM 80401. En complemento con ellas se utilizaron guías de buenas prácticas de ASHRAE y normativas internacionales como la UNE 100713: “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales” para aquellos aspectos que no están contemplados por la normativa local.

En base a lo relevado y a las sugerencias de cada una de las normas, se realiza el estudio de los espacios físicos junto con las necesidades del servicio con el fin de redactar un pliego de especificaciones técnicas que incluya toda la información necesaria para poder licitar la obra y que la misma pueda desarrollarse bajo la supervisión del personal de ingeniería del nosocomio; y ofrecer así, una mejora al servicio prestado por la institución a la sociedad.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Resumen.....  | 2  |
| Índice.....   | 3  |
| Índice de Ilustraciones.....                              | 6  |
| Índice de tablas .....                                    | 7  |
| Introducción .....  | 8  |
| Objetivos .....   | 10 |
| Objetivos generales .....                                 | 10 |
| Objetivos específicos .....                               | 10 |
| Contenido.....  | 11 |
| Marco teórico.....  | 11 |
| Legislación vigente .....                                 | 11 |
| IRAM 80400 de emergencia / IRAM 80401.....                | 12 |
| Normas españolas UNE y estándares ASHRAE.....             | 13 |
| Tratamiento del aire en áreas críticas .....              | 15 |
| Aire tratado: definiciones y conceptos .....              | 15 |
| Aplicaciones del tratamiento del aire .....               | 17 |
| Equipamiento necesario para el tratamiento del aire ..... | 18 |
| Partes de un sistema HVAC.....                            | 18 |
| Metodología .....   | 25 |
| Desarrollo .....  | 26 |
| Relevamiento de las instalaciones.....                    | 26 |
| Caracterización de las salas .....                        | 28 |
| Cálculos y selección de equipos.....                      | 30 |
| Cálculo de Caudales.....                                  | 30 |
| Cargas térmicas .....                                     | 31 |
| Equipos de refrigeración.....                             | 34 |
| Refrigeración por agua .....                              | 34 |
| Refrigeración por expansión directa.....                  | 35 |
| Equipos de calefacción .....                              | 36 |
| Equipos de Radiación UVC.....                             | 37 |
| Etapas de filtrado .....                                  | 38 |
| Ductos y elementos terminales .....                       | 41 |
| Ventiladores .....  | 42 |
| Protección contra incendios .....                         | 46 |

|   |    |
|---|----|
| Humidificación.....   | 46 |
| Control.....  | 46 |
| Control de Presiones .....  | 49 |
| Control de temperatura.....   | 50 |
| Modificaciones edilicias.....   | 50 |
| Pliego técnico del proyecto .....   | 52 |
| Pliego técnico de condiciones generales y particulares.....                 | 52 |
| Memoria descriptiva.....  | 52 |
| Condiciones generales.....  | 53 |
| Condiciones particulares .....  | 54 |
| Resultados .....  | 60 |
| Conclusión .....  | 61 |
| Bibliografía .....  | 62 |
| ANEXOS .....  | 64 |
| Anexo 1 .....   | 65 |
| Norma IRAM 80401 .....  | 65 |
| Parte 1 - Requisitos del equipo .....                                       | 65 |
| Gabinetes .....   | 65 |
| Ventiladores .....  | 66 |
| Serpentinas.....  | 66 |
| Filtración.....   | 67 |
| Lámparas UV-C aguas abajo de las serpentinas.....                           | 68 |
| Configuraciones recomendadas de los equipos.....                            | 68 |
| Humidificadores .....   | 69 |
| Resistencias eléctricas .....   | 69 |
| Elementos de seguridad .....  | 69 |
| Atenuadores de ruido.....   | 69 |
| Persianas manejadoras de aire .....   | 69 |
| Parte 2: Requisitos de los conductos .....                                  | 70 |
| Generalidades.....  | 70 |
| Requisitos .....  | 70 |
| Características constructivas de los conductos.....                         | 71 |
| Requisitos particulares .....   | 72 |
| Parte 3: requisitos de los elementos complementarios de los conductos ..... | 72 |
| Elementos terminales (rejillas y difusores).....                            | 72 |
| Persianas de regulación o cierre .....                                      | 73 |

|   |    |
|---|----|
| Cajas de volumen de aire variable .....   | 73 |
| Persianas corta fuego y corta humo .....  | 73 |
| Parte 5: requisitos de los filtros y unidades de filtrado .....   | 74 |
| Requisitos de los filtros.....  | 74 |
| Cabinas “Bag-in” “Bag-out”, gabinetes porta filtros, módulos terminales y flujos unidireccionales ..... | 75 |
| Anexo 2 .....   | 76 |
| Cálculo de cargas térmicas .....  | 76 |
| Cargas térmicas sensibles: .....  | 76 |
| Por cerramientos opacos:.....   | 76 |
| Por cerramientos traslúcidos:.....  | 76 |
| Por radiación solar:.....   | 76 |
| Por ventilación o infiltración de aire exterior: .....  | 76 |
| Por ocupación del local:.....   | 77 |
| Por iluminación del local:.....   | 77 |
| Por las máquinas presentes en el local:.....  | 77 |
| Cargas térmicas latentes: .....   | 78 |
| Por ventilación o infiltración de aire exterior: .....  | 78 |
| Por ocupación del local:.....   | 78 |
| Anexo 3 .....   | 79 |
| Fichas técnicas Filtros MERV 8, 14 y 18 (HEPA) .....  | 79 |
| Anexo 4 .....   | 82 |
| Ficha Técnica unidad manejadora de Aire .....   | 82 |

## Índice de Ilustraciones

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Mapa de la ubicación del Hospital Municipal de Urgencias de la Ciudad de Córdoba .....        | 9  |
| Figura 2: Esquemático del área de Terapia intensiva y Sector de aislados .....                          | 9  |
| Figura 3: Diagrama de una Unidad de Tratamiento de Aire .....   | 19 |
| Figura 4: Ventiladores tipo Centrífugo (izquierda), Helicoidal (centro) y Turboaxial (derecha).....     | 22 |
| Figura 5: Plano del área de terapia intensiva (no aislados).....  | 27 |
| Figura 6: Plano del sector de aislados de la terapia intensiva.....                                     | 27 |
| Figura 7: medidas de planta del área de UTI aislados.....   | 30 |
| Figura 8: Mapa de zonas bioambientales según IRAM 11603 y tabla de datos software Meteonorm.....        | 32 |
| Figura 9: Diagrama de un sistema de refrigeración por agua .....  | 35 |
| Figura 10: Diagrama de un circuito de enfriamiento por expansión directa.....                           | 36 |
| Figura 11: posible ubicación de tubos UV-C en sala de maquinas .....                                    | 38 |
| Figura 12: Filtros MERV 8 con marco de plástico. Imagen a modo ilustrativo. ....                        | 39 |
| Figura 13: Filtro MERV 14. Imagen a modo ilustrativo. ....  | 39 |
| Figura 14: Filtro de alta eficiencia HEPA con marco de acero inoxidable. Imagen a modo ilustrativo..... | 40 |
| Figura 15: Representación de ductos de inyección y retorno en UTI Aislados actualmente instalados.....  | 41 |
| Figura 16: Ventilador centrífugo de álabes curvos hacia adelante .....                                  | 42 |
| Figura 17: Proyección de disposición de equipos .....   | 45 |
| Figura 18: Situación hipotética con presiones diferenciales .....                                       | 47 |
| Figura 19: Diagrama de flujo de control para el evento: apertura de puerta pasillo .                    | 49 |
| Figura 20: áreas independientes con puertas corredizas y estancas .....                                 | 51 |
| Figura 21: Curva 8 de prueba de estanqueidad .....  | 67 |
| Figura 22: Diagrama de un equipo de extracción de aire tratado con filtro F8/F9 .....                   | 68 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Clasificación MERV de filtros según su eficiencia .....                             | 23 |
| Tabla 2: extracto de la tabla A.1 norma IRAM 80400 - Requisitos de la calidad del aire ..... | 28 |
| .....  |    |
| Tabla 3: Cálculo de volúmenes de los locales .....   | 30 |
| Tabla 4: Cálculo de cargas sensibles para refrigeración y calefacción .....                  | 32 |
| Tabla 5: Cálculo de cargas latentes para refrigeración y calefacción .....                   | 33 |
| Tabla 6: cargas sensibles y latentes por ocupación del local .....                           | 77 |

## Introducción

El acondicionamiento y tratamiento del aire dentro de una institución sanitaria nunca cobró tal importancia como en el último tiempo. La pandemia que vivió la humanidad desde principios de 2020 hizo visible las necesidades (y falencias) que tenían los establecimientos en general, pero particularmente los centros de salud que no cuentan con un buen sistema de climatización que incluya el adecuado tratamiento del aire. Una persona infectada dentro de una sala que no estuviera correctamente aislada de las demás, podría significar una reacción en cadena que terminara con infecciones masivas dentro de un mismo establecimiento con pocas posibilidades de frenar el contagio. El foco de las noticias públicas fueron las infecciones de transmisión aérea, y todas las instituciones comenzaron a controlar de manera más minuciosa la forma en la que se acondicionaba o trataba el aire para evitar contagios tanto entre los pacientes como en los profesionales que se desempeñaban dentro de ellas.

El Hospital Municipal de Urgencias es un centro de trauma reconocido a nivel nacional y pionero en la ciudad en cuanto a emergentología con más de 70 años de trayectoria. Está ubicado en el centro de la Ciudad de Córdoba (Fig. 1) con accesos desde diferentes puntos estratégicos. Dentro del hospital se desempeñan profesionales de diferentes especialidades: cardiología, gastroenterología, traumatología, hemoterapia, cirugía general, neurocirugía, ingeniería biomédica, esterilización, farmacia, trabajo social, salud mental, etc. Cuenta con 40 camas de internación, 9 camas de cuidados intensivos, 4 camas de shock room y 8 camas frías de guardia.

La terapia intensiva (en adelante UTI) se encuentra en la planta baja de la institución, con acceso directo al área quirúrgica y dividida en dos sectores: por un lado, seis camas separadas por tabiques que componen boxes abiertos por el frente; y por otro lado tres box cerrados y aislados entre sí y del resto del servicio por una antesala y puertas dobles. (Figura 2)

Actualmente, no se cuenta con un diseño calculado de inyección y extracción de aire tratado, así como tampoco un control de las diferencias de presiones entre los boxes y las salas asociadas; tal como solicitan las normativas actuales para ambientes críticos como lo son las salas de internación de cuidados intensivos; lo cual motiva la realización de este trabajo.



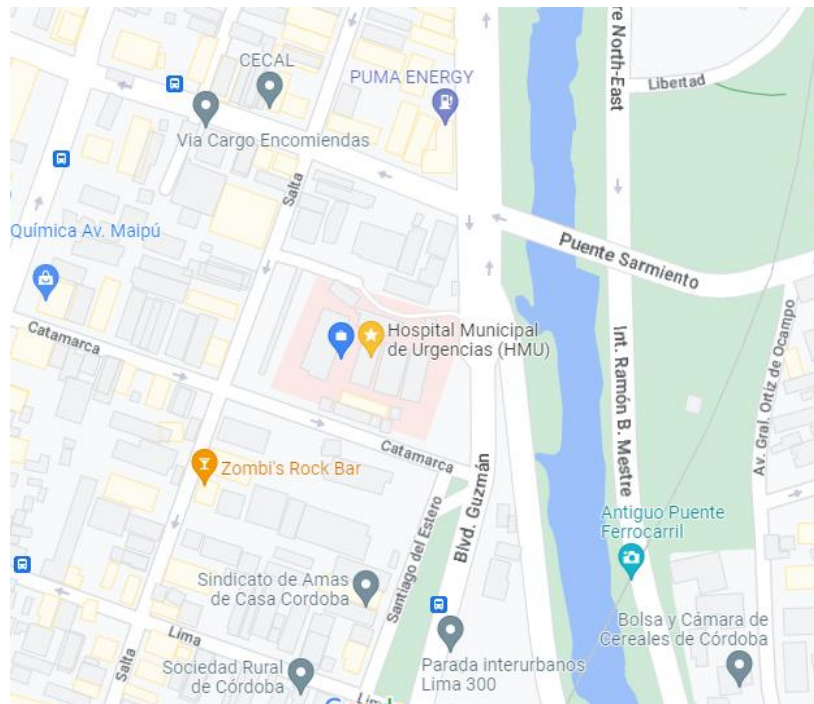


Figura 1: Mapa de la ubicación del Hospital Municipal de Urgencias de la Ciudad de Córdoba

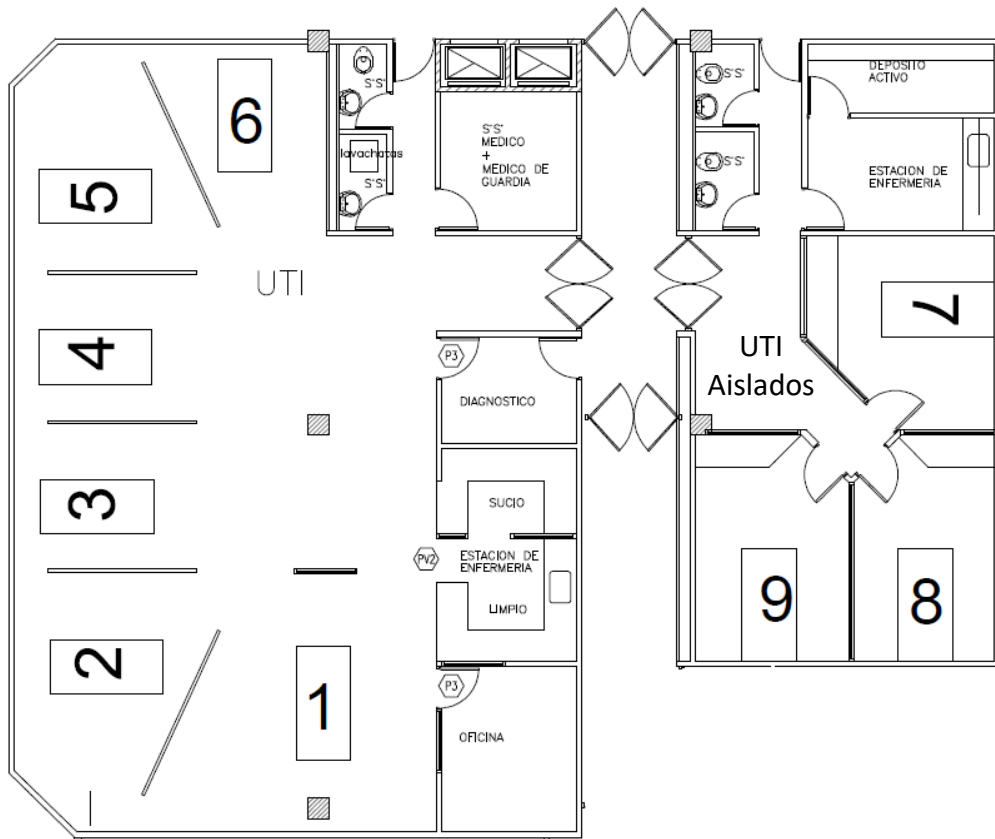


Figura 2: Esquemático del área de Terapia intensiva y Sector de aislados

## Objetivos

### Objetivos generales

- Establecer las bases de diseño para la implementación de un proyecto que dé respuesta a las necesidades del sistema de tratamiento de aire para el área de aislados de la terapia intensiva del Hospital Municipal de Urgencias de la ciudad de Córdoba.
- Definir los fundamentos del diseño de un sistema automatizado que permita la utilización independiente de cada una de las salas que componen el área para pacientes inmunodeprimidos o infectocontagiosos.

### Objetivos específicos

- Relevar y categorizar las salas que componen al servicio según normativas vigentes.
- Determinar las variables (recambios de aire/hora, porcentaje de recirculación, filtrado, temperatura del aire y porcentaje de humedad relativa, presiones relativas, etc.) según los requerimientos normativos.
- Determinar las características principales de los equipos que deberían cumplir según normativa vigente.
- Planificar el sistema de automatización y control en base a las necesidades y restricciones del servicio, sistema de esclusas no restrictivo, utilización de variadores de frecuencia, alarmas sonoras y visuales.
- Listar las modificaciones edilicias a ser realizadas para la implementación del proyecto.
- Realizar pliegos de características técnicas del proyecto para su futura implementación.

# Contenido

## Marco teórico

### Legislación vigente

IRAM, ASHRAE, UNE e ISO son cuatro organizaciones que establecen normas técnicas y estándares relacionados con la ventilación, aire acondicionado y otros temas técnicos en diferentes países y a nivel internacional.

- IRAM: el Instituto Argentino de Normalización y Certificación establece normas técnicas y de calidad en Argentina. Sus normas incluyen, entre otras, las relacionadas con sistemas de aire acondicionado y ventilación.
- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, establece estándares y recomendaciones relacionados con sistemas de ventilación y aire acondicionado en edificios a nivel internacional.
- UNE: la Asociación Española de Normalización establece normas técnicas y de calidad en España. Sus normas incluyen, entre otras, las relacionadas con sistemas de acondicionamiento de aire y ventilación en hospitales y áreas críticas.
- ISO: la Organización Internacional de Normalización es una organización que establece normas técnicas y de calidad en diversos campos.

Cada una de estas entidades son referentes (a nivel local, regional, nacional e internacional) de calidad. Todas tienen normas y estándares relacionados con ventilación que serán utilizadas para la realización de este proyecto. Se debe tener en cuenta que se aplicarán, en principio, las regulaciones locales de mayor exigencia antes de comenzar a analizar las normas internacionales, que serán utilizadas cuando la normativa local no se especifique particularmente sobre un tema, o para complejizar y aumentar las exigencias en las condiciones a cumplir en el diseño que este proyecto tiene como finalidad.

A continuación, se listan las normas y estándares que fueron consultados para la realización de este trabajo:

- IRAM 80400 de emergencia - *“Sistemas para el Tratamiento de Aire en los establecimientos para el Cuidado de la Salud”*.
- IRAM 80401-1 - *“Sistemas para el tratamiento del aire en establecimientos para el cuidado de la salud. Equipamiento. Parte 1 - Requisitos del equipo.”*

- IRAM 80401-2 - *“Sistemas para el tratamiento del aire en establecimientos para el cuidado de la salud. Equipamiento. Parte 2 - Requisitos de los conductos.”*
- IRAM 80401-3 - *“Sistemas para el tratamiento del aire en establecimientos para el cuidado de la salud. Equipamiento. Parte 3 - Requisitos de los elementos complementarios de los conductos.”*
- IRAM 80401-5 - *“Sistemas para el tratamiento del aire en establecimientos para el cuidado de la salud. Equipamiento. Parte 5 - Requisitos de los filtros y de las unidades de filtrado.”*
- UNE 171340 - *“Validación y cuantificación de salas de ambiente controlado en hospitales.”*
- UNE 179006 - *“Sistema para vigilancia, prevención y control de las infecciones relacionadas con la atención sanitaria en los hospitales. Requisitos.”*
- UNE 100713:2005 - *“Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.”*
- UNE-EN ISO 14644-1:2000 - *“Salas limpias y locales anexos. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire. (ISO 14644-1:1999).”*
- 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).”*
- 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).”*
- ANSI/ASHRAE/ASHE 170-2017 Ventilación de establecimientos de atención médica. Guía de ventilación, regulación y mandatos para diseñadores de establecimientos de atención médica. Aborda los espacios hospitalarios, ambulatorios y los hogares de ancianos.
- ANSI / ASHRAE 52.2-2017 Método de prueba de dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula: establece un método de prueba de laboratorio para medir el rendimiento de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general en la eliminación de partículas de diámetros específicos.

IRAM 80400 de emergencia / IRAM 80401

Estos dos documentos son los que se ha decidido aplicar para diseñar el sistema de tratamiento de aire del sector UTI Aislados, pues son las normativas más nuevas y de origen local. En la IRAM 80400 se describe de manera general cómo debe ser el diseño de los ambientes controlados; las funciones de un sistema HVAC con sus correspondientes sistemas de filtrado; establece los requisitos energéticos mínimos a cumplir teniendo en cuenta la eficiencia y el diseño optimizado para evitar sobredimensionamientos.

La norma IRAM 80401 en sus cinco partes lista los requisitos y condiciones que debe cumplir cada parte del sistema de tratamiento de aire en establecimientos de salud, los equipos, los ductos, los elementos complementarios a los conductos, los sistemas de filtrado, etc. Cada una de estas partes será debidamente desarrollada en capítulos específicos más adelante.

#### Normas españolas UNE y estándares ASHRAE

La norma UNE 171340 clasifica las zonas de ambiente controlado en cinco niveles de riesgo. Esta clasificación se aplica teniendo en cuenta el riesgo al que está expuesto el paciente mientras se encuentra en la sala. Se tienen en cuenta diferentes variables, como el número de personas alrededor del paciente y su ubicación o disposición dentro de la sala, nivel de intervención a realizarse, posibilidad de contaminación proveniente de salas adyacentes, estado de inmunosupresión del paciente, etc. Como ejemplos de salas de muy alto riesgo (nivel cinco), se pueden nombrar quirófanos de trasplante cardiovascular, prótesis traumatológicas, neurocirugía, envasado y preparación de medicamentos, etc. Las zonas de alto riesgo son quirófanos de cirugía digestiva, pulmonar y ginecológica; almacén de material estéril, RX intervencionista, habitaciones de terapia, etc. Los parámetros que verifica esta norma, es decir, los ensayos y pruebas que se realizan para verificar que una sala de ambiente controlado cumpla con los requerimientos de la norma son:

- Ensayo de integridad de filtros.
- Ensayos de presión en quirófanos.
- Análisis de la tasa de renovación de aire.
- Temperatura y humedad relativa.
- Nivel de ruido ambiental.
- Conteo de partículas en suspensión.
- Microorganismos en suspensión.

La norma UNE 179006 establece las bases para la creación u organización de un sistema de vigilancia, prevención y control de infecciones relacionadas con la atención sanitaria en hospitales. Permite a los hospitales garantizar planes de acción adecuados frente a agentes infecciosos, y establecer un sistema de calidad acorde, planificando los cambios y estableciendo responsabilidades y funciones adecuadas.

La norma UNE 100713:2005 nuclea los requisitos que deben cumplir las instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales y centros de salud. Los factores tenidos en cuenta durante la inspección de las instalaciones son: confort ambiental, control de humedad, temperatura y presión. La finalidad de esta normativa es reducir la transmisión de infecciones en el ámbito sanitario, más precisamente en zonas de alto riesgo como ser quirófanos, zonas de esterilización, unidad de cuidados

intensivos, unidad de quemados, habitaciones de inmunodeprimidos y habitaciones de infecciosos. Este documento ofrece información sobre el diseño de sistemas de acondicionamiento de aire en hospitales, ya que es una medida de protección colectiva que permite minimizar la presencia de agentes contaminantes presentes en el ambiente, reduciendo de esta manera el confort de los sujetos presentes. Se divide en seis apartados:

- Análisis de las exigencias fisiológicas e higiénicas del lugar, el bienestar térmico, calidad de aire, etc.
- Exigencias higiénicas y técnicas de las instalaciones (tomas de aire exterior, salidas de aire de expulsión, conductos, compuertas de cierre, extracción de humo, etc.
- Clasificación de los sectores del hospital y las exigencias de cada uno.
- Protocolos de limpieza y desinfección de las instalaciones de acondicionamiento de aire.
- Pruebas de recepción.
- Mantenimiento y control tras la puesta en servicio.

La norma ISO 14644 establece una clasificación de salas limpias según el número máximo de partículas permitido en el aire, en función del tamaño de la partícula. También establece requisitos para la monitorización de la limpieza del aire, limpieza de las superficies y la ropa de los trabajadores, así como para el diseño y construcción de salas limpias. Es una normativa ampliamente reconocida en todo el mundo como un marco importante para la gestión de áreas controladas y es utilizada por muchas industrias para garantizar la calidad y la seguridad de sus productos.

La guía ASHRAE 170 proporciona información detallada sobre cómo diseñar, construir y mantener sistemas de ventilación para hospitales, clínicas y otros establecimientos de atención médica. Los requisitos establecidos en la guía están diseñados para minimizar la propagación de enfermedades infecciosas y otros contaminantes en el aire, asegurando así un entorno seguro y saludable para los pacientes, el personal médico y los visitantes. Este documento incluye recomendaciones para la ventilación, filtración y control de temperatura y humedad en diferentes áreas de las instalaciones de atención médica, como las áreas de pacientes, las áreas quirúrgicas y los laboratorios. También se proporcionan directrices específicas para el manejo de la contaminación del aire en situaciones como la tuberculosis, la influenza y otras enfermedades infecciosas.

La norma ASHRAE 52.2 se centra en la evaluación de la eficiencia de los filtros de aire utilizados en sistemas de ventilación y aire acondicionado. En particular, esta norma describe un procedimiento de prueba para determinar la capacidad de retención de partículas de un filtro, así como su resistencia al flujo de aire. El objetivo de esta norma es proporcionar una metodología estandarizada para evaluar y comparar el rendimiento de diferentes tipos de filtros de aire, y para establecer un marco de

referencia común para la selección y el diseño de sistemas de aire acondicionado y ventilación. El procedimiento de prueba descrito en la norma ASHRAE 52.2 implica la medición de la eficiencia de los filtros de aire para partículas de diferentes tamaños, utilizando una variedad de métodos de prueba estandarizados. Estos métodos incluyen el uso de partículas de prueba sintéticas, así como la medición de la capacidad de retención de partículas de polvo estándar.

## Tratamiento del aire en áreas críticas

El tratamiento de aire es el proceso de filtrar, humidificar o deshumidificar, calentar o enfriar el aire de un recinto para mejorar las condiciones del mismo; ya sea por exigencias determinadas por la labor que se desarrollará dentro de las instalaciones, o simplemente para crear un ambiente confortable para las personas.

Este procedimiento se utiliza en una gran variedad de lugares, desde edificios residenciales, oficinas, industrias y en instituciones de salud. Claramente las exigencias varían de acuerdo a las necesidades de cada espacio, es ilógico exigir los mismos niveles de filtrado de aire en una oficina o vivienda que en un laboratorio de alta complejidad donde los procesos realizados en él pueden verse seriamente afectados por la cantidad de partículas presentes en el ambiente.

En instituciones de salud como hospitales y clínicas la calidad del aire es de gran importancia para prevenir enfermedades, agilizar los procesos de curación y disminuir los tiempos de internación de los pacientes. Es por eso que existen normativas y legislaciones completamente dedicadas al tratamiento del aire en, lo que comúnmente se llaman, áreas críticas.

Las áreas críticas son aquellas áreas que requieren riguroso control de la calidad de aire debido a que cualquier tipo de contaminación podría afectar la salud y seguridad de las personas que trabajan o reciben atención en ese entorno. Se ubican generalmente en instalaciones médicas, laboratorios, centros de investigación, instalaciones farmacéuticas, de alimentos, etc. Como áreas críticas se pueden nombrar: salas limpias, áreas quirúrgicas, unidades de cuidados intensivos, laboratorios de investigación, áreas de producción de alimentos y bebidas, centrales de esterilización, etc.

## Aire tratado: definiciones y conceptos

Al hablar de tratamiento de aire, se deben tener en cuenta ciertos conceptos que serán listados a continuación para establecer las diferencias entre ellos al momento de diseñar los sistemas de acondicionamiento de aire:

- Aire de extracción: aire extraído del ambiente por medios mecánicos y descartado en el exterior que no requiere tratamiento.
- Aire de purga: aire contaminado eliminado del ambiente por medios mecánicos y desechado en el exterior que requiere tratamiento.
- Aire de retorno: aire extraído del ambiente por medios mecánicos que puede recircularse o descartarse al exterior.
- Aire de inyección: aire suministrado por medios mecánicos a cada uno o a cualquier local en el establecimiento.
- Aire exterior: aire captado de la parte externa del edificio.
- Aire recirculado: parte del aire de retorno que vuelve a la unidad de tratamiento de aire para ser reprocesado.
- Ambiente asociado: local relacionado con las actividades del establecimiento de salud utilizado, generalmente, por profesionales de la salud, pacientes, acompañantes y visitantes.
- Ambiente operacional: local de proceso utilizado por los profesionales de la salud que presenta algún tipo de riesgo o contaminación del operador, o de los suministros médicos.
- Ambiente protector: local utilizado por pacientes inmunocomprometidos con alto riesgo de adquirir y desarrollar infecciones, así como también salas de proceso y almacenamiento de materias y equipos limpios y desinfectados.
- Antesala: local cuya función es aportar aire controlado (presión, filtrado, humedad y temperatura) al local adyacente que puede tener presión positiva o negativa. Este local se utiliza en el acceso a zonas protegidas.
- Área de internación: ambiente de atención a pacientes hospitalizados para monitoreo, evaluación, diagnóstico y tratamiento.
- Área restringida: espacio designado dentro de un centro de salud al que sólo puede acceder personal médico y técnico.
- Cambios de aire por hora: cociente entre el caudal de aire inyectado en un local en metros cúbicos por hora y el volumen de la habitación en metros cúbicos.



- Caudal de aire: volumen de aire por unidad de tiempo (por ejemplo, metros cúbicos por hora).
- Renovaciones de aire por hora: cambios de aire exterior por hora, resultado del cociente entre la introducción del aire exterior en metros cúbicos por hora y el volumen de la habitación en metros cúbicos.
- Sistema de tratamiento de aire: instalaciones diversas y su interacción con los edificios, las personas, los controles y su gestión (seguimiento, medición, mantenimiento, mejoramiento, etc).

## Aplicaciones del tratamiento del aire

Como ya se ha nombrado en secciones pasadas, el acondicionamiento de aire comprende variadas aplicaciones, las cuales pueden ser controladas de manera simultánea o selectiva de acuerdo al objetivo que se persiga. Cada situación es diferente y debe ser tratada de manera única, pero siempre teniendo en cuenta que la modificación de cualquiera de los parámetros ambientales, como la humedad y temperatura, tiene efecto sobre el comportamiento del resto.

**Ventilación:** La ventilación es uno de los objetivos principales del tratamiento de aire. El aire fresco se introduce en un espacio para diluir los contaminantes y mantener un suministro de oxígeno adecuado para los ocupantes.

**Acondicionamiento térmico:** El tratamiento de aire también se utiliza para regular la temperatura y la humedad relativa de un espacio. Esto puede incluir la calefacción o enfriamiento de aire, así como la eliminación del exceso de humedad.

**Filtración:** El aire se filtra para eliminar los contaminantes como polvo, polen, esporas de moho y otras partículas, que pueden afectar la calidad del aire interior y la salud de los ocupantes.

**Control de la calidad del aire:** El tratamiento de aire se utiliza para monitorear y controlar la calidad del aire interior, incluyendo la concentración de dióxido de carbono, la humedad relativa, la presencia de compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros contaminantes.

**Reducción de la contaminación:** El tratamiento de aire también puede ayudar a reducir la contaminación del aire exterior al filtrar los contaminantes antes de que entren en un espacio.

**Control de la presión:** En algunas aplicaciones, el tratamiento de aire se utiliza para controlar la presión del aire en un espacio, como en salas limpias y en hospitales, para evitar la entrada de contaminantes.

## Equipamiento necesario para el tratamiento del aire

El término HVAC (heating, ventilation and air conditioning por sus siglas en inglés) hace referencia a los sistemas encargados del tratamiento de aire en edificios. Son los encargados de movilizar el aire de un recinto con ciertas características controladas como su temperatura, presión y humedad. Por otro lado, las Unidades de Tratamiento de Aire (UTA), son parte esencial de los sistemas HVAC, tomando el aire del exterior, realizando el filtrado y acondicionado antes de distribuirlo por el edificio a través de ductos.

### Partes de un sistema HVAC

Los componentes de un sistema HVAC pueden variar en su diseño y componentes según la aplicación y las necesidades planteadas al momento del diseño. Es por eso que suelen ser equipos modulares, para ser más eficientes ante las diferentes situaciones. A continuación, se detallarán las partes más comunes presentes en un sistema HVAC.

### UTA (Unidad de Tratamiento de Aire)

Componente clave del sistema, encargado de la ventilación y tratamiento del aire. Son equipos eficientes desde un punto de vista energético, ya que pueden regular el caudal mediante variadores de frecuencia en los ventiladores, posibilita el enfriamiento con aire exterior sin atemperar cuando las condiciones climáticas sean las indicadas, puede recuperar parte de la energía térmica del aire expulsado al exterior, etc. Se pueden caracterizar a las UTA en dos grupos, las unidades compactas que están formadas por un sólo módulo en el que se incluyen las distintas etapas de tratamiento de aire; y las unidades modulares cuyo tamaño tiende a ser considerablemente mayor y necesita de ventilación directa al exterior para toma y expulsión de aire.

Existen dos configuraciones básicas para las Unidades de Tratamiento de Aire; pueden ser de tipo impelente o de tipo aspirante.

Las UTA de tipo impelente poseen la unidad de ventilación antes de la serpentina de refrigeración, pudiendo absorber ésta el calor generado por el ventilador. Permite una salida de aire con menor temperatura (esencial en caso de elevadas cargas de calor dentro de la sala), pero favorece la condensación por lo que no es recomendable que posea filtros HEPA inmediatamente luego de la serpentina de enfriamiento, para evitar el transporte de la humedad.

Las UTA de tipo aspirante poseen las serpentinas de calefacción/refrigeración antes del motor del ventilador, actuando él mismo como un recalentador, con la consecuente reducción de la humedad relativa del aire y previniendo la presencia de humedad en los bancos de filtros HEPA.

Los equipos de tratamiento de aire suelen estar divididos en secciones, siendo las más habituales (figura 3):

- Sección de conexión: mediante compuertas de regulación se realiza el ingreso y egreso de aire del climatizador, así como también tomas de aire exterior y embocaduras o acoplamiento a ductos.
- Sección de expansión: espacio vacío entre secciones de tratamiento de aire que uniformiza el flujo antes de ingresar a otra sección.
- Sección de mezcla y free cooling: permite ajustar la cantidad de aire de retorno, aire exterior y de expulsión mediante compuertas de regulación.
- Sección de baterías: existen diferentes tipos, según las necesidades de la instalación (de agua, de expansión directa o eléctrica de apoyo a la calefacción).
- Sección de silenciado: compuesta por elementos fabricados de chapa galvanizada y material acústico de fibra mineral, inorgánica e incombustible con recubrimiento (para evitar desprendimientos al paso del aire).

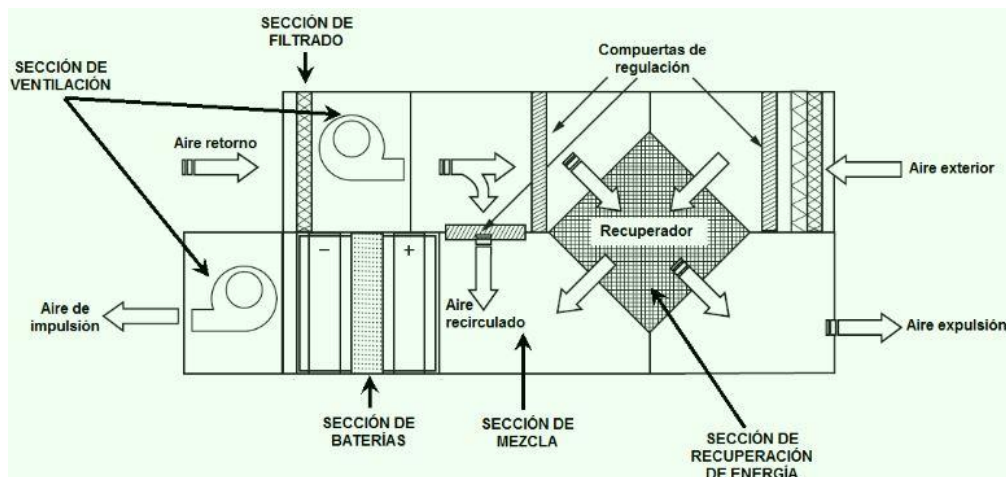


Figura 3: Diagrama de una Unidad de Tratamiento de Aire

#### Sistema de calefacción

Puede incluir un horno, caldera, bomba de calor o cualquier otro dispositivo que genere calor para calentar el aire del edificio. Una de las formas más eficientes desde el punto de vista energético de calentamiento del aire es la recuperación del calor del aire de extracción para calentar el aire de impulsión, ya que el único gasto energético es el de los dos motores de los ventiladores (impulsión y extracción). En segunda instancia se colocan las bombas de calor que tengan coeficientes de

rendimiento tales que suministren mayor energía de calentamiento que la que consumen (COP)<sup>1</sup>. Como menos eficiente se puede nombrar al calentamiento de aire por efecto Joule (resistencia eléctrica), que suele utilizarse en calefacciones puntuales de uso esporádico. El calentamiento del aire por medio del calentamiento de agua es un método muy utilizado en las unidades de tratamiento de aire y su eficiencia estará determinada por la forma en que se caliente el agua.

#### Sistema de refrigeración

Incluye un compresor, que comprime el gas hasta volverlo líquido (esto ocurre en la condensadora) para luego expandirlo mediante una válvula logrando que el líquido vuelva a su forma gaseosa y absorbiendo el calor del ambiente. Otra forma de refrigerar el aire es mediante la nebulización de gotas de agua en el flujo de aire, de manera que al evaporarse esas gotas se enfríe el aire. Es un método muy eficiente energéticamente hablando, pero tiene notables restricciones (no funciona en zonas con mucha humedad ambiente).

#### Termostato

Dispositivo utilizado para controlar la temperatura del aire dentro del edificio o recinto. Puede ser programable, y algunos modelos más modernos pueden conectarse a internet y controlarse mediante aplicaciones móviles y de domótica. Son los encargados de encender la calefacción/refrigeración cuando existe una variación en torno a la temperatura seteada por el usuario. Puede (y debe) ser utilizado en conjunto con otros sensores para lograr que los sistemas HVAC sean eficientes.

#### Ductos

Tuberías que se utilizan para distribuir el aire acondicionado en todo el edificio. Hay diferentes tipologías de conducto, entre ellas:

- De polietileno expandido: utilizados en sistemas de distribución de aire en los casos que sea necesario reducir pérdidas térmicas o evitar condensación en los ductos.
- De acero galvanizado o aluminio: son de fácil instalación, livianos, y la falta de porosidad en su superficie hace que sean resistentes a la formación de moho.
- De materiales termoplásticos: son capaces de eliminar hasta un 99% de las bacterias presentes en la red de ventilación, tiene limitaciones respecto a las temperaturas máximas soportadas.

---

<sup>1</sup> El coeficiente de rendimiento (COP) es una **expresión de la eficiencia de una bomba de calor**. Al calcular el COP para una bomba de calor, la salida de calor del condensador (Q) se compara con la potencia suministrada al compresor (W).

Todos los tipos de conductos deben tener una vida útil de aproximadamente 20 años, garantizar la estanqueidad, resistencia al fuego y conductividad térmica en diferentes niveles dependiendo del material de fabricación.

#### Ventiladores

Son los encargados de mover el aire a través de todo el sistema. Algunos extraen el aire viciado del recinto y otros se encargan de impulsar el aire fresco y acondicionado a las diferentes áreas. En materia de ventilación forzada, los ventiladores son más utilizados para laboratorios y salas limpias, ya que producen sobrepresión en el ambiente (presión positiva) impidiendo la entrada de partículas externas; los extractores en cambio no generan corrientes de aire y produce una depresión (presión negativa) y son más utilizados en ventilación industrial. Hay tres tipos básicos de ventiladores:

- Centrífugos: formado por un impulsor que gira dentro de una carcasa en forma de voluta o caracol. El impulsor tiene un número determinado de hojas o placas en su periferia similar a una rueda hidráulica. La carcasa tiene una entrada en el eje de la rueda y una salida perpendicular a éste (figura 4 izquierda). Cuando el impulsor gira las hélices despiden el aire por centrifugación en la dirección de rotación ingresando en forma axial y siendo despedido en forma radial.
- Helicoidales: se utilizan en lugares donde las longitudes de los conductos sean cortas, o no haya sistemas de conducción (una resistencia al flujo baja); también pueden utilizarse como extractores invirtiendo la polaridad de las fases por lo que suelen utilizarse para ventilación general de grandes espacios bajo condiciones de libre aspiración y descarga. Consta de un impulsor con dos o más álabes colocados en ángulo hacia el eje. La hélice usualmente es arrastrada por una correa desde un motor montado en el anillo del ventilador o entre los brazos de soporte permitiendo así controlar las RPM y aumentando o disminuyendo el volumen de aire que será desplazado. (figura 4 centro)
- Tuboaxiales: consta de un impulsor en forma de ala de avión rodando dentro de una carcasa cilíndrica. Tienen la ventaja de obtener un rendimiento de hasta un 90% y permite su montaje directamente en conductos rectos. El sistema de conducción es más simple que el de los ventiladores centrífugos y no ocupan espacio en el suelo; además de ser mucho más pequeños. (figura 4 derecha)

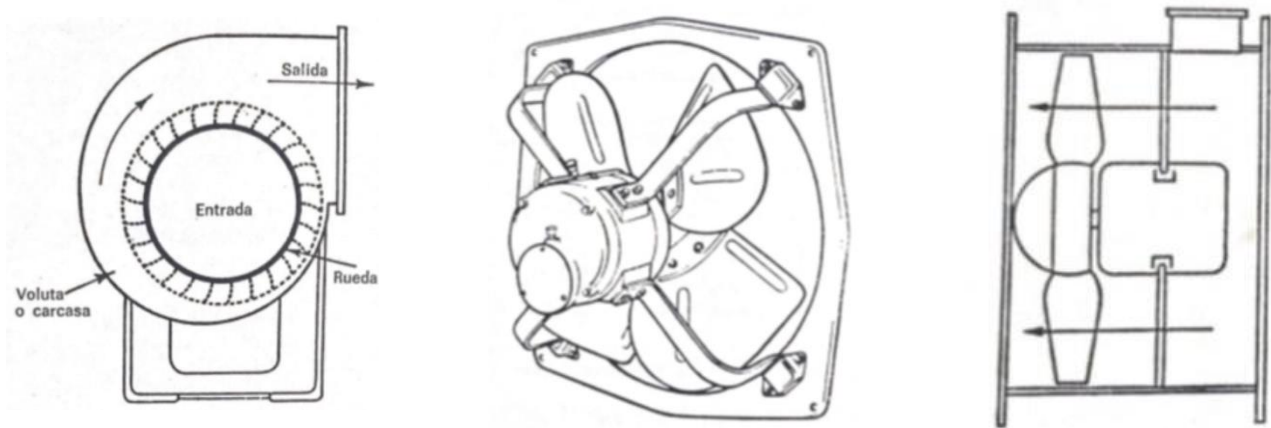


Figura 4: Ventiladores tipo Centrifugo (izquierda), Helicoidal (centro) y Turboaxial (derecha)

### Filtros

Se utilizan para limpiar el aire que se inyecta o extrae del edificio, ayudando a mantener la calidad de aire interior y también a controlar el ingreso de partículas para proteger a los usuarios y también a los mismos equipos que componen el sistema. Dependiendo de la aplicación se busca contener diferentes tipos de partículas y para ello existen diferentes tipos de filtros. Algunos impiden el paso de gases y olores, otros impiden el paso de pequeñas partículas (como los ácaros). En industrias como la farmacéutica, cosmética, y en ambientes controlados como hospitales es de vital importancia para el desarrollo de actividades el control de materia particulada sub micrométrica. Es por eso que se utilizan filtros HEPA (High efficiency particulate air filter) o ULPA (Ultra Low Particulate Air filter). Existen diferentes clasificaciones para los filtros, siendo las más utilizadas por la industria el MERV<sup>2</sup>. A los filtros clasificados mediante esta modalidad reciben un número del uno al veinte, siendo su eficiencia de filtrado creciente, donde 1 significa menor eficiencia, 20 implica la mayor eficiencia alcanzada. (Tabla 1)

- Filtros MERV 1 a 4: capturan al menos ácaros, polen, partículas de spray. Materia particulada mayor a 10.0 micrones.
- Filtros MERV 5 a 8: materia particulada entre 3.0 y 10.0 micrones. Crecimiento microbiológico, spray para el cabello, mezcla de cemento y conglomerado.
- Filtros MERV 9 a 12: material particulado entre 1.0 y 3.0 micrones. Harina, emisiones y humo, polvo mineral, y la bacteria causante de la neumonía (Legionella).
- Filtros MERV 13 a 16: material particulado entre 0.30 y 1.0 micrones. Todo tipo de bacterias, humo de tabaco, partículas de estornudo.

<sup>2</sup> Valor de Informe de Eficiencia mínimo.

- Filtros MERV 17 a 20: material particulado menor a 0.30 micrones, análogos a filtros HEPA y ULPA de >99,9% de efectividad.

| Clasif. MERV  | Tamaño de partícula |                |                 | Tipo de filtro<br>—<br>Partículas que retiene  |
|---------------|---------------------|----------------|-----------------|--|
|               | .3 a 1 micrón       | 1 a 3 micrones | 3 a 10 micrones |  |
| MERV 1        | < 20%               | < 20%          | < 20%           | Fibra de vidrio y malla de aluminio.<br>—<br>Polen, Polvo, Pintura, fibras de alfombra                 |
| MERV 2        | < 20%               | < 20%          | < 20%           |  |
| MERV 3        | < 20%               | < 20%          | < 20%           |  |
| MERV 4        | < 20%               | < 20%          | < 20%           |  |
| MERV 5        | < 20%               | < 20%          | 20% - 34%       | Filtros descartables<br>—<br>Esporas de moho, polvo de cocina, spray para cabello, barniz para muebles |
| MERV 6        | < 20%               | < 20%          | 35% - 49%       |  |
| MERV 7        | < 20%               | < 20%          | 50% - 69%       |  |
| MERV 8        | < 20%               | < 20%          | 70% - 85%       |  |
| MERV 9        | < 20%               | menor 50%      | 85% o mayor     | Filtros tipo caja doméstico<br>—<br>Polvo de plomo, harina, humo de automóviles, humo de soldaduras    |
| MERV 10       | < 20%               | 50% - 64%      | 85% o mayor     |  |
| MERV 11       | < 20%               | 65% - 79%      | 85% o mayor     |  |
| MERV 12       | < 20%               | 80% - 90%      | 90% o mayor     |  |
| MERV 13       | menor 75%           | 90% o mayor    | 90% o mayor     | Filtros comerciales<br>—<br>Bacterias, humo, estornudos  |
| MERV 14       | 75% - 84%           | 90% o mayor    | 90% o mayor     |  |
| MERV 15       | 85% - 94%           | 95% o mayor    | 90% o mayor     |  |
| MERV 16       | 95% o mayor         | 95% o mayor    | 90% o mayor     |  |
| M17 - HEPA 13 | 99.97%              | 99% o mayor    | 99% o mayor     | Filtros HEPA y ULPA<br>—<br>Virus, polvo de carbón, partículas menores a .3 micrones.                  |
| M18 - HEPA 14 | 99.997%             | 99% o mayor    | 99% o mayor     |  |
| M19 - UL5     | 99.9997%            | 99% o mayor    | 99% o mayor     |  |
| M20 - U16     | 99.99997%           | 99% o mayor    | 99% o mayor     |  |

Tabla 1: Clasificación MERV de filtros según su eficiencia<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Fuente: <https://www.faarvent.com.mx/portfolio/eficiencia-merv-ashrae-52-2-2/> (20/07/2023)

### Controles y sensores

Utilizados para monitorear y controlar el sistema HVAC. Los sensores pueden medir temperatura, humedad y otros parámetros del aire mientras que los controles se utilizan para ajustar el funcionamiento del sistema, en pos de cubrir las necesidades del recinto. Es normal que en sistemas centralizados se utilicen controladores lógicos programables para nuclear las entradas (sensores) y a través de las salidas sincronizar los actuadores que permitirán modificar la funcionalidad del sistema sin necesidad de una intervención del usuario. Por ejemplo, modificar el flujo de aire que ingresa tomando como referencia de entrada sensores de presión y como salida variadores de frecuencia para ajustar la velocidad de giro de las aspas de un ventilador, aumentando la eficiencia energética del sistema.



## Metodología

Este trabajo no se limita única y estrictamente a la realización de cálculos para la adecuada ventilación y climatización de una sala, sino que busca integrar todas las partes y/o tareas previas y necesarias para la realización de un proyecto, la materialización del mismo (su puesta en marcha) y su posterior mantenimiento. Entre ellas se destacan: el relevamiento de lo existente, contrastación con la normativa, cálculos de referencia, desarrollo de pliego de licitación y contratación, etc.

Se establecerán las bases de diseño del sistema y las condiciones que deben cumplirse, tomando como referencia normativa local, notas técnicas de organizaciones referentes en materia de ventilación y recomendaciones de profesionales idóneos para luego confeccionar un pliego de contratación que estará a disposición de la institución para su implementación.

La finalidad última de este trabajo es lograr establecer la forma en la que se deben realizar los cálculos de variables como cargas térmicas, potencia de equipos, potencia de radiación UV-C; y listar las características que deben cumplir las diferentes partes que componen el sistema de tratamiento de aire del área de aislados de la terapia intensiva del Hospital de Urgencias de la Ciudad de Córdoba.

Se enumerarán las diferentes partes del sistema HVAC, realizando cálculos aproximados y estimaciones representativas para tener una idea global de la factibilidad de la realización del proyecto, así como también el relevamiento de planta física y el planteamiento de posibles opciones de diseño.

## Desarrollo

### Relevamiento de las instalaciones

El servicio de Terapia Intensiva del Hospital de Urgencias cuenta con dos sectores separados, por un lado seis box para pacientes no aislados (figura 5) también llamado UTI general de aproximadamente 143 m<sup>2</sup> con capacidad para seis pacientes y con sus respectivos box de enfermería, sala de médicos, office limpio y sucio, dormitorio de guardia, lavachata y baño para el personal. Cada box cuenta con equipamiento para la atención de pacientes que precisan cuidados intensivos: monitor multiparamétrico, respirador, bombas de infusión, etc. Cada box cuenta con su respectivo lavamanos. La ventilación de este sector se realiza mediante un equipo frío calor por bomba de calor con capacidad de 7.5 TR<sup>4</sup>

Por otro lado, se encuentra el sector de UTI Aislados, sobre el cual se realiza este proyecto. Cuenta con tres boxes de aislamiento, separados por muros con ventanas estancas que permiten la visualización del paciente por parte del personal de enfermería y puertas abatibles de aluminio con vidrio de apertura hacia el interior del box (figura 6). Su área es de aproximadamente 67 m<sup>2</sup> y actualmente se encuentra acondicionado por un equipo de similares características al del sector de terapia general pero el sistema de extracción no se encuentra funcional, la cadena de filtrado debe rediseñarse y no hay control fehaciente de los diferenciales de presión entre las diferentes áreas.

---

<sup>4</sup> Una TR (tonelada de refrigeración) se define como la cantidad de calor a retirar de 2.000 lb. de agua (una tonelada corta = 908 Kg.) para su congelación en un lapso de 24 horas. Equivale a unas 3000 frigorías por hora.

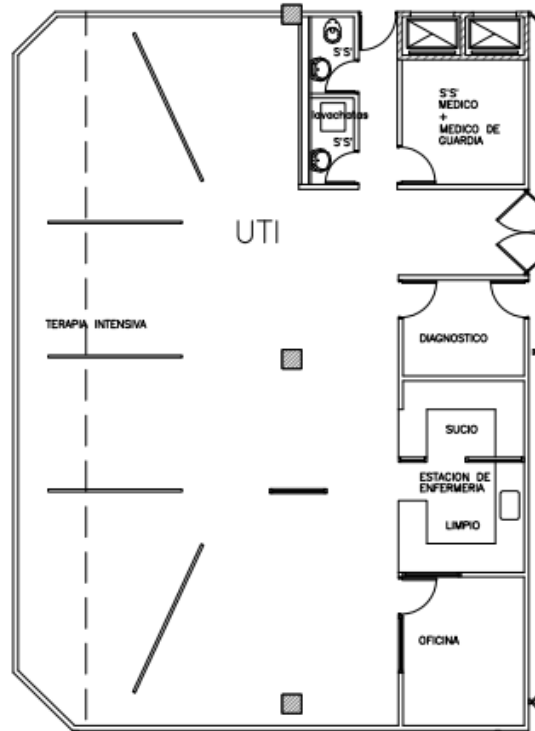


Figura 5: Plano del área de terapia intensiva (no aislados)

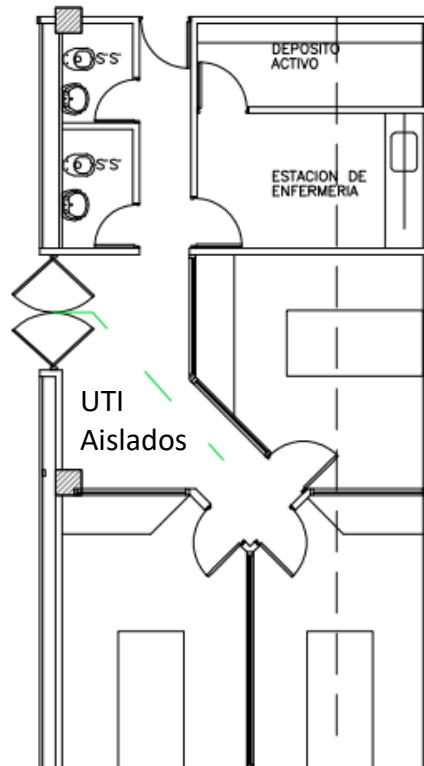


Figura 6: Plano del sector de aislados de la terapia intensiva

El sector de aislados cuenta con 3 box para pacientes completamente equipados (monitor multiparamétrico, bombas de infusión, gases médicos, respirador, etc) y lavamanos individual; una antesala separada del pasillo de circulación por puertas abatibles dobles, una estación de enfermería, un depósito, lavachatas y baño para el personal.

Para la realización de este proyecto se sugiere separar la climatización de los tres box sumando la antesala y dejando los depósitos, lavachata, baño y office de enfermería para anexarse a la climatización general.

La sala de máquinas que aloja los equipos de acondicionamiento de aire que actualmente están instalados se encuentra en el primer piso del edificio, inmediatamente encima de los locales del sector de UTI Aislados.

## Caracterización de las salas

La norma IRAM 80400, en su anexo "A" establece los requisitos mínimos que deben cumplirse para garantizar la calidad de aire. Se presenta a continuación un extracto de la tabla original (Tabla 2).

| Área   | Presión | Renovaciones de aire exterior mínimo por hora | Cambios de aire totales por hora | Extracción de todo el aire al exterior | Recirculación con otras áreas | Filtrado mínimo (EN 779/EN 1822 o MERV, o equivalente) | Humedad Relativa | Temperatura |
|--|---------|---|----------------------------------|--|-------------------------------|--|------------------|-------------|
| <b>CUIDADOS INTENSIVOS</b>                                   |         |   |                                  |  |                               |  |                  |             |
| Unidad de Terapia Intensiva (UTI)                            | P       | 2   | 6                                | NR                                     | No                            | G4+F8+UVC  | 30-60            | 21-24       |
| Unidad de Terapia Intermedia (UTIM)                          | NR      | 2   | 6                                | NR                                     | NR                            | G4+F8+UVC  | Máx. 60          | 21-24       |
| Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN)              | P       | 2   | 6                                | NR                                     | No                            | G4+F8+UVC  | 30-60            | 22-26       |
| Unidad de Terapia Coronarias (UCO)                           | P       | 4   | 8                                | No                                     | No                            | G4+F8+UVC  | 40-60            | 21-24       |
| Unidad de quemados   | NR      | 2   | 6                                | NR                                     | No                            | G4+F8+UVC  | 40-60            | 21-24       |
| Aislados Infecciosos: Antesala                               | N       | NR  | 10                               | Si                                     | No                            | G4+F8+UVC + extracción con filtro H13                  | NR               | 21-24       |
| Aislados Infecciosos: Habitación                             | N       | 2   | 12                               | Si                                     | No                            | G4+F8+UVC + extracción con filtro H13                  | Máx. 60          | 21-24       |
| Aislados Antesala combinada infecciosos/inmunosuprimidos     | (b)     | NR  | 10                               | Si                                     | No                            | G4+F8+UVC + extracción con filtro H13                  | NR               | NR          |
| Aislados Habitación Combinada infecciosos/inmunosuprimidos © | P/N     | 2   | 12                               | Si                                     | No                            | G4+F8+H13+UVC + extracción con filtro H13              | Máx. 60          | 21-24       |

Tabla 2: extracto de la tabla A.1 norma IRAM 80400 - Requisitos de la calidad del aire

Como se puede observar en las últimas dos filas de la tabla, la presión en la antesala con subíndice (b) indica que las diferencias de presión entre recintos colindantes deben ser entre 5 y 25 Pascales.

Este tipo de locales no permite la recirculación con otros locales e indica que la extracción de la totalidad del aire debe ser al exterior previa filtración. Al contar con un espacio acotado en la sala

técnica para instalar cuatro equipos (uno por cada box y uno para la antesala), se opta por instalar un equipo de inyección de aire tratado para toda el área, con aire 100% exterior (sin recirculación). Las diferencias de presiones entre los recintos y la extracción se realizará mediante la instalación de cuatro extractores comandados por sistemas de control de frecuencia, asegurando de esta manera la extracción segura, las renovaciones/hora y la filtración del aire extraído.

El rango de temperaturas que se deben manejar dentro de los boxes rondará entre los 21°C y los 24°C. La humedad relativa deberá ser, como máximo, del 60% dentro de las habitaciones.

La tabla especifica un total de 12 cambios de aire por hora en habitaciones y 10 en antesala. Como se describió anteriormente, el aire inyectado será 100% tomado del exterior por lo que se cubren las necesidades de renovaciones por hora.

En cuanto a filtrado, las habitaciones necesitan 3 etapas de filtrado: una primera etapa con un filtro G4 (equivalente a un MERV 7/8, con arrestancia media mayor al 90%), una segunda etapa con un filtro F8 (equivalente a un MERV 14, con una eficiencia media de 90 a 95%) y una etapa final de filtrado con filtro H13 (equivalente a un MERV 18 con una eficiencia mayor al 99.95%). Sumado a esto se requiere que el aire inyectado atraviese radiación UV-C para eliminar la mayor cantidad de microorganismos posibles. Todos los recintos (menos la antesala) deben contar con filtrado tipo H13 previo a su extracción para evitar la proliferación de microorganismos en el exterior y posibles contagios en zonas externas al hospital.

## Cálculos y selección de equipos

### Cálculo de Caudales

Teniendo en cuenta el volumen de las salas (figura 7) presentado a continuación en la tabla 3, se procede a calcular el caudal total que debe inyectar el equipo para cumplir con los cambios por hora establecidos previamente. Para lograr la diferencia de presión y asimismo cumplir con los cambios de aire por hora se utilizará para los cálculos un total de 12 cambios de aire por hora.

| Local         | Lado x (m) | Lado y (m) | Alto (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
|---------------|------------|------------|----------|---------------------------|
| Antesala      | 4,5        | 2,51       | 2,28     | 25,75                     |
| Box 7         | 3,2        | 2,82       | 2,64     | 23,82                     |
| Box 8         | 4,6        | 2,82       | 2,64     | 34,24                     |
| Box 9         | 3,31       | 2,51       | 2,64     | 21.93                     |
| Volumen Total |            |            |          | 105.74                    |

Tabla 3: Cálculo de volúmenes de los locales

Para lograr un total de 12 cambios de aire por hora, el equipo debe inyectar 1270 m<sup>3</sup>/h de aire filtrado y acondicionado.

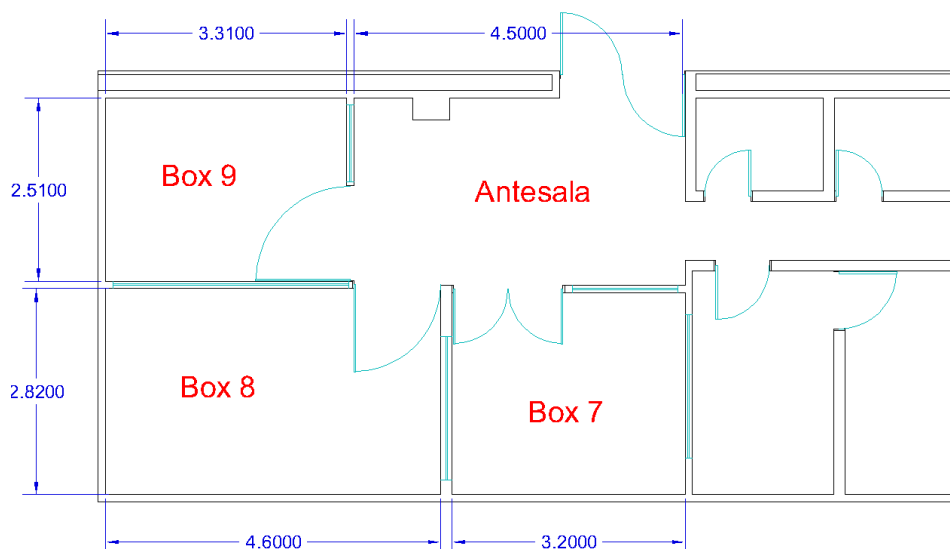


Figura 7: medidas de planta del área de UTI aislados

## Cargas térmicas

Tomando como referencias manuales técnicos de diseño de sistemas de aire acondicionado como el "Handbook of air conditioning system design", por Carrier Air Conditioning Co., podemos definir dos tipos de cargas térmicas: aquellas que son consecuencia de la diferencia de temperatura y a la radiación térmica, llamadas "sensibles"; y las que se modifican por el aporte de humedad al aire, llamadas "latentes".

Son cargas sensibles:

- Las producidas por la transmisión a través de cerramientos opacos (como los muros),
- Las transmitidas a través de cerramientos traslúcidos (vidrios o ventanas),
- La radiación solar,
- La ventilación o infiltración de aire,
- La ocupación del local,
- La iluminación y la maquinaria presente

Las cargas latentes son las que modifican la humedad del ambiente:

- Ventilación o infiltración de aire
- La ocupación del local.

A continuación, se desarrollará el análisis de cargas térmicas teniendo en cuenta las condiciones edilicias de los locales.

Al tratarse de un conjunto de habitaciones situadas en el corazón del edificio, rodeado de pasillos de circulación técnica que no poseen ventanas ni aportes térmicos por radiación solar, el tipo de carga térmica predominante será aquel aportado por la ventilación e infiltración. Se tomará este tipo de carga para realizar los cálculos con el fin de tener una aproximación del tamaño del equipo. Al momento de realizar los pliegos técnicos se solicitarán los cálculos de cargas térmicas completos por software.

Se determinarán en primera instancia las condiciones exteriores del proyecto tanto en verano como en invierno. Mediante el uso del software Meteonorm y la distinción de zonas bioambientales establecidas por la norma IRAM 11603, la ciudad de Córdoba (Lat.: 31°26 Sur) se inscribe en la Zona III a: templada cálida (figura 8).

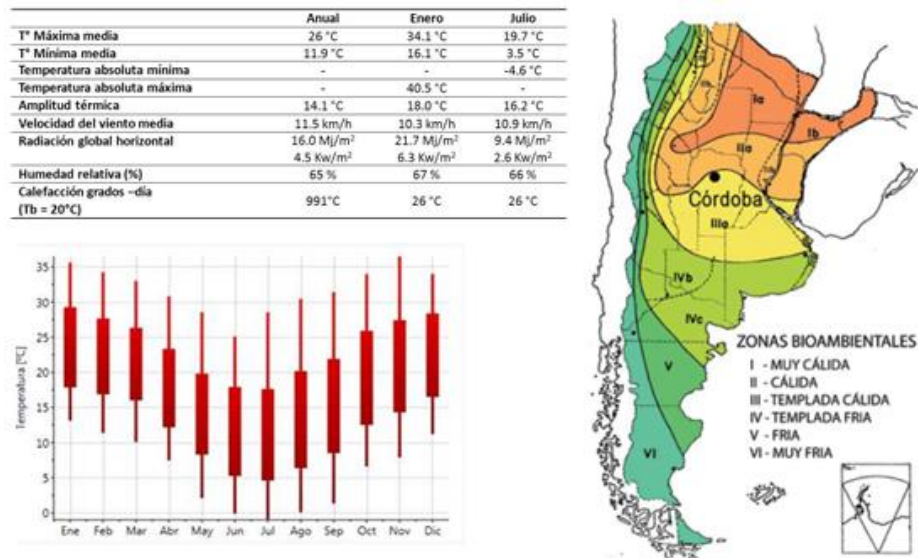


Figura 8: Mapa de zonas bioambientales según IRAM 11603 y tabla de datos software Meteonorm

Como se puede observar en la tabla de datos, la humedad relativa se considera estable, y se tomarán en cuenta las temperaturas medias máximas y mínimas de los meses de enero y julio para realizar los siguientes cálculos para obtener un rango en el cual poder seleccionar el equipo.

Cargas sensibles por ventilación o infiltración de aire exterior

$$Q(w) = V \cdot 0.34 \cdot \Delta t$$

La fórmula expresada arriba indica la forma de cálculo de las cargas sensibles por ventilación o infiltración de aire exterior. V indica el caudal en metros cúbicos por hora, 0.34 es el calor específico del aire en base al volumen y delta t es la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. En la siguiente tabla se realizará el cálculo de cargas térmicas para refrigeración (en verano) y para calefacción (en invierno) que el equipo deberá ser capaz de afrontar. Para el mes de enero se tomará como referencia el valor de temperatura máxima media del mes de enero como temperatura exterior (34,1 °C) y para el interior la temperatura mínima de confort (21 °C). Para el mes de julio, por el contrario, se toma la temperatura mínima media del mes (3,5 °C) y la temperatura máxima de confort del interior (24 °C).

| Carga          | 1270 m <sup>3</sup> /h x 0.34 Wh/m <sup>3</sup> °C | Δt (°C) | Q (W)     |
|----------------|--|---------|-----------|
| Q <sub>r</sub> | 431.8 W/°C   | 13.1 °C | 5656.58 W |
| Q <sub>c</sub> | 431.8 W/°C   | 20.5 °C | 8851.9 W  |

Tabla 4: Cálculo de cargas sensibles para refrigeración y calefacción



Cargas latentes por ventilación o infiltración de aire exterior

$$Q(w) = V \cdot 0.63 \cdot \Delta w$$

El cálculo es similar al de las cargas sensibles, pero en este caso el factor 0,63 representa el producto de la densidad estándar del aire por el calor latente de vaporización del agua y delta w es la diferencia entre humedad absoluta entre el interior y exterior. Como se puede observar en la figura 10, específicamente en la tabla de datos obtenidas por software la humedad relativa es del 67%. Con ayuda de la carta psicrométrica; tomando la temperatura máxima del mes de enero y la altitud de la Ciudad de Córdoba (389 m sobre el nivel del mar), se calcula la humedad absoluta de 25.297 h/m<sup>3</sup> en el exterior. Para el cálculo de la humedad absoluta interior se utiliza la temperatura menor de confort (21 °C) y la humedad relativa de confort que es del 60%, resultando de una humedad absoluta interior de 10.996 g/m<sup>3</sup>.

Para el mes de julio se repiten los cálculos tomando la temperatura mínima exterior (3.5°C) y humedad relativa exterior (66%) resultando la humedad absoluta exterior de 4.058 g/m<sup>3</sup>; y para el interior una temperatura de 24°C y humedad relativa del 60% resultando una humedad absoluta interior de 13.059 g/m<sup>3</sup>. Con estos datos podemos elaborar la tabla 5:

| Carga          | 1270 m <sup>3</sup> /h x 0.63 Wh/g | $\Delta w(g/m^3)$       | Q (W)     |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|-----------|
| Q <sub>r</sub> | 800 Wm <sup>3</sup> /g             | 14.301 g/m <sup>3</sup> | 11440.8 W |
| Q <sub>c</sub> | 800 Wm <sup>3</sup> /g             | 9 g/m <sup>3</sup>      | 7200 W    |

*Tabla 5: Cálculo de cargas latentes para refrigeración y calefacción*

De los resultados de las tablas 4 y 5 podemos determinar que las cargas térmicas de refrigeración serán de 17.1 kW y las de calefacción serán de 16.05 kW. Tiene sentido que, mientras que las cargas sensibles del verano son menores que las del invierno (se debe bajar la temperatura en una menor proporción de la que se la tiene que aumentar), las cargas latentes del verano son mayores que las del invierno pues la humedad absoluta del ambiente en invierno es menor que la del verano. Éste método ofrece datos aproximados, por lo que se tendrá en cuenta aumentar las potencias en un 30-40% para suplir las temperaturas máximas y las condiciones de humedad extremas que puedan surgir, principalmente teniendo en consideración que estos cálculos se hacen en base a datos históricos que no tienen en cuenta el aumento del promedio de la temperatura terrestre en un futuro; además de las variaciones del caudal que puedan surgir por las diferentes configuraciones de presión de las salas. Considerando que el equipo que estaba instalado previamente era de 7,5 TR, tiene sentido que el equipo a proyectar sea de un tamaño, al menos, igual que el anterior.

En el Anexo 2 se plantearán los pasos a seguir para el cálculo de las cargas térmicas restantes.

## Equipos de refrigeración

Los métodos de refrigeración por agua (indirecto) y por expansión (directo) de un refrigerante son los más utilizados al momento de pensar una instalación de acondicionamiento de aire. Ambos poseen sus ventajas y desventajas, que serán desarrolladas a continuación para luego realizar la elección del método que más se ajuste a las necesidades del área.

### Refrigeración por agua

La refrigeración por agua posee dos circuitos básicos: uno por donde circula el agua fría y otro por donde circula el refrigerante. El circuito del refrigerante cuenta con un condensador, uno o más compresores, un evaporador y una red de caños de cobre con válvulas de seguridad y más elementos de control. El circuito de agua se relaciona con el circuito de refrigerante en el evaporador, donde realiza el intercambio de calor y así el agua fría impulsada por una bomba recorre las tuberías hacia la serpentina ubicada en la unidad de tratamiento de aire; como puede observarse en la figura 9.

El agua es un recurso barato y no tóxico, que ofrece mejores condiciones térmicas para refrigerar que el aire por su mayor conductividad térmica. Es un líquido que permite una transferencia de calor eficiente a distancia con bajos índices de transferencia de masa. A su vez, el agua también es un recurso escaso globalmente hablando; que necesitaría de tratamiento previo para su utilización en sistemas de enfriamiento, con la finalidad de reducir las impurezas que proceden del contacto del líquido con la atmósfera, el suelo y los recipientes. También el agua acelera la corrosión de la maquinaria a ser refrigerada, pudiéndose mejorar esta condición mediante uso de inhibidores de la corrosión pero que llevan a otros problemas relacionados a la toxicidad (zinc, cromo) y la eutrofización (fosfatos). El montaje y mantenimiento de las redes de agua necesarias para realizar el proceso de enfriamiento hace que sea un método costoso, aparatoso y con mayores problemas al largo plazo.

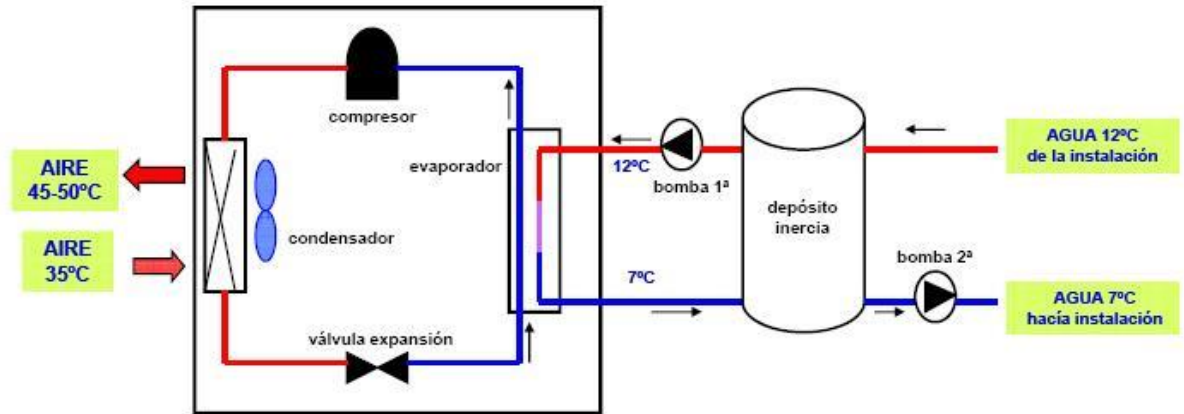


Figura 9: Diagrama de un sistema de refrigeración por agua

### Refrigeración por expansión directa

Los sistemas de refrigeración directa poseen un circuito, el aire entrega calor directamente al líquido refrigerante que circula por la serpentina dentro de la unidad de tratamiento de aire; como puede observarse en la figura 10.

Son de fácil instalación y mantenimiento, lo que prolonga la vida útil del equipo. Utiliza un sólo circuito para la refrigeración del aire por lo que se reducen las posibles fallas. El mantenimiento se realiza generalmente en el equipo externo. Si se utiliza un sistema de refrigerante variable con compresores inverter el desempeño energético mejora muchísimo. Al utilizar gas como transporte del calor, hay mayores probabilidades de fuga, es por eso que la norma es clara en este sentido: deben utilizarse refrigerantes sin flúor que no afecten la capa de ozono y minimicen el efecto del calentamiento global. Se debe tener en cuenta también la cantidad máxima de kilogramos de refrigerante para disminuir el riesgo de barrido de oxígeno en caso de pérdida.

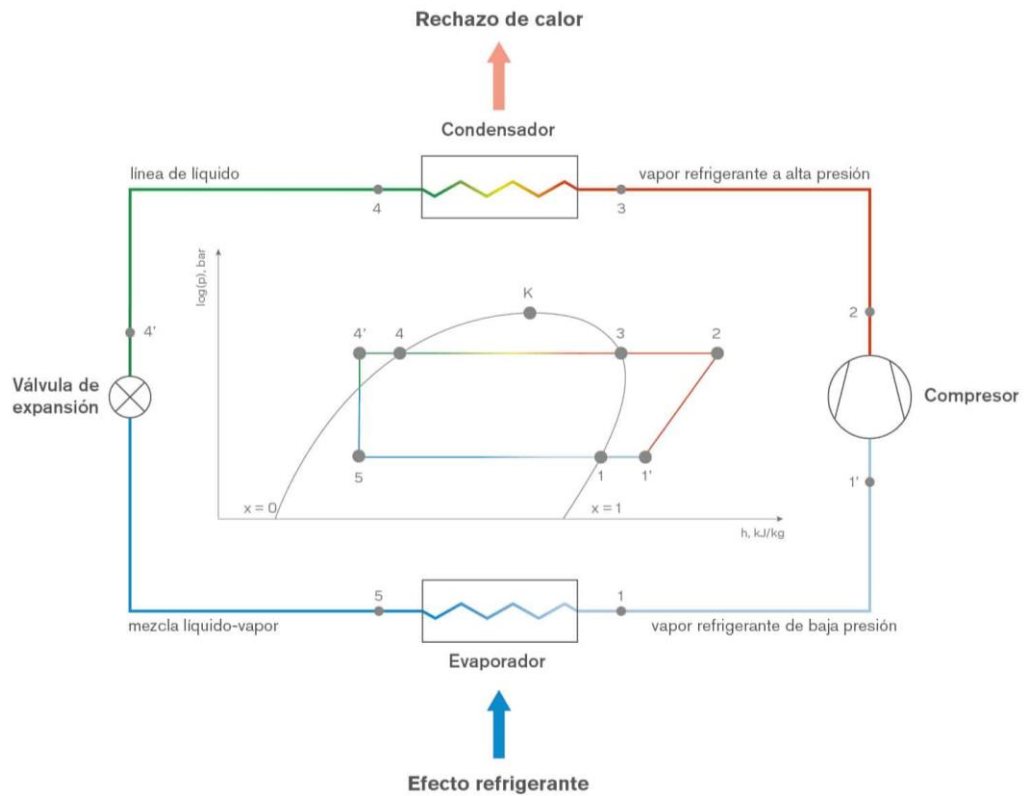


Figura 10: Diagrama de un circuito de enfriamiento por expansión directa<sup>5</sup>

Considerando las dos opciones previamente desarrolladas, se decide optar por un sistema de refrigeración directo por varias razones:

- Es más sustentable (usando refrigerantes amigables con el medio ambiente).
- La instalación es más simple, no se requieren de bombas para movilizar el agua, el mantenimiento es menor y si es realizado como corresponde, la vida útil del equipo es mayor.
- Las cañerías son más pequeñas, utilizando caño de cobre de menor calibre que los caños de acero necesarios para la instalación de un método indirecto por agua.
- No se debe instalar un sistema externo para tratamiento de la dureza del agua.

Aún así, la humedad en el ambiente debe ser controlada por lo que en la manejadora de aire se deberá instalar un humidificador que será descrito más adelante.

## Equipos de calefacción

Siguiendo la misma lógica que para el caso de refrigeración, y teniendo en cuenta que puede utilizarse un mismo equipo para proveer refrigeración y calefacción, unificando mantenimientos, evitando el costo extra de instalación de calderas para agua caliente, intercambiadores de calor y demás artefactos; se presenta la opción de utilizar un equipo frío/calor por expansión directa.

<sup>5</sup> Fuente: <https://areacooling.com/areacademy/es/ciclo-basico-de-refrigeracion/> (17/9/2023)

Considerando que el rendimiento de los equipos de calefacción es menor que los equipos de refrigeración, el sistema deberá contar con el apoyo de resistencias eléctricas de acero inoxidable que enciendan sólo cuando sea necesario.

## Equipos de Radiación UVC

Consultando con el servicio de infectología, y teniendo en consideración que los pacientes que son hospitalizados en el Hospital de Urgencias nunca poseen un nivel extremo de inmunodepresión (como en el caso de un trasplante de médula), se toma como referencia la bacteria causante de la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*) como microorganismo a neutralizar mediante radiación UV-C. Con la ayuda de una calculadora virtual<sup>6</sup> para desinfección de aire por radiación UV basada en principios de ASHRAE, se calcula el equipo UV-C:

Datos necesarios para el cálculo:

- Caudal de aire a tratar: 2000 m<sup>3</sup>/h
- Ancho del conducto: 40 cm
- Alto del conducto: 60 cm
- Largo de la lámpara: 120 cm
- Potencia de la lámpara: 75 W
- Tipo de microorganismo diana: Bacteria
- Microorganismo: *Mycobacterium tuberculosis*

Con estos datos, la calculadora arroja los siguientes resultados:

- Dosis: 100 J/m<sup>2</sup>
- Tiempo de exposición: 0.53 s
- Intensidad de radiación: 188,68 W/m<sup>2</sup>
- Potencia de las lámparas UVC a utilizar: 538 W
- Cantidad de lámparas recomendadas: 7 unidades

---

<sup>6</sup> <https://www.nyfdecolombia.com/uv/area-industrial/en/paginas/calculadora-aire>

Se presenta la posibilidad de incluir los tubos UV en el ducto, más específicamente en el tramo que va desde la salida de la UTA hasta el divisor de los ductos de distribución. Este tramo en particular ofrece un ancho y alto del ducto que permite una estanqueidad tal del aire que posibilita la exposición a rayos UV-C por el tiempo necesario para lograr la muerte de la bacteria (figura 11).

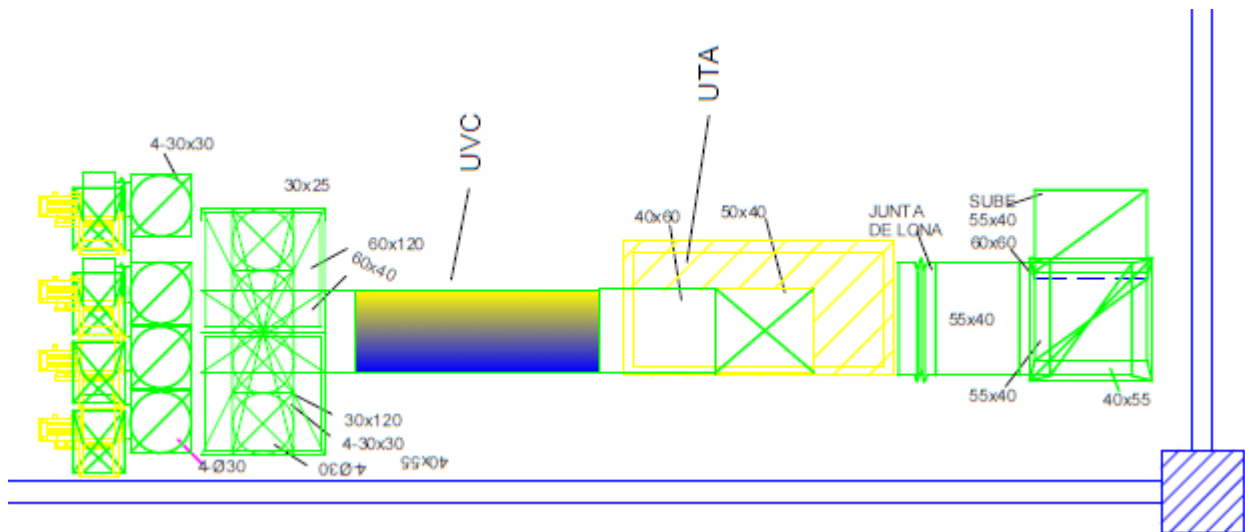


Figura 11: posible ubicación de tubos UV-C en sala de maquinas

Como se puede observar en la figura 11, de izquierda a derecha en amarillo los ventiladores de extracción con sus respectivos conductos de 30cm x 30 cm en color verde, luego los ductos de distribución del aire limpio y tratado de 30cm x 25cm y en degradé la zona donde deberían ubicarse los tubos UV-C. Inmediatamente después la boca de expulsión de la UTA (conducto en verde), la unidad de tratamiento de aire en amarillo, y en el extremo derecho la toma de aire que sube al techo para captar el aire fresco.

## Etapas de filtrado

Primera etapa de filtrado: también llamados pre-filtros, son ubicados aguas arriba de las serpentinas y basándose en indicaciones de ASHRAE se recomienda un filtrado de clase MERV 8 o superior, que retiene entre un 70% - 85% de partículas entre 3 y 10 micrones (figura 12). Este tipo de filtro se utiliza para realizar un depurado del aire que ingresa del exterior de partículas de mayor tamaño.



Figura 12: Filtros MERV 8 con marco de plástico. Imagen a modo ilustrativo.<sup>7</sup>

Segunda etapa de filtrado: se recomienda un filtrado de clase MERV 14 o su equivalente clase F8 que retiene en más del 90% partículas entre 3 y 10 micrones, esta etapa de filtrado es la que filtra bacterias, humo, etc. (figura 13)



Figura 13: Filtro MERV 14. Imagen a modo ilustrativo.<sup>8</sup>

Etapa final de filtrado: etapa de filtrado de alta eficiencia, con filtros clase MERV 18, su equivalente H14 (filtros HEPA) o superiores (figura 14). Son filtros plisados con medio filtrante de papel de microfibras de vidrio resistentes al agua y al calor con una eficiencia de filtrado del 99.997% en partículas de entre 0.3 y 1 micrometro. Este tipo de filtro debe estar asegurado con burletes que permitan un sellado seguro y sin infiltraciones. Preferentemente deben contar con un sistema de recambio sin contacto tipo “bag-in, bag-out” y deben ser colocados lo más cerca posible del tramo terminal del ducto.

<sup>7</sup> Fuente: <https://www.grainger.com.mx/producto/AIR-CARE-DE-MEXICO-Filtro-de-Aire-Plisado-20x24x2-MERV-8/p/42NA63> (17/9/2023)

<sup>8</sup> Fuente: [http://filtrosdeaireacondicionado.com/filtracion\\_media.html](http://filtrosdeaireacondicionado.com/filtracion_media.html) (17/9/2023)



*Figura 14: Filtro de alta eficiencia HEPA con marco de acero inoxidable. Imagen a modo ilustrativo.<sup>9</sup>*

Filtrado de aire extraído: el aire extraído debe cumplir con las condiciones de filtrado de la etapa terminal de inyección, esto es, filtros de alta eficiencia MERV 18, H14, HEPA.

Los filtros de todas las etapas de filtración deben contar con marcos de plástico o acero inoxidable, nunca de madera o cartón (que puedan absorber la humedad y con ello promover la proliferación de microorganismos). El tamaño de los filtros debe cubrir el 100% de la superficie del ducto o bandeja de la unidad manejadora para evitar infiltraciones de aire no filtrado. Todas las secciones de filtrado deben poseer ojos de buey o visores para evaluar la suciedad, y es deseable que, al menos los filtros de alta eficiencia, cuenten con medidores digitales o analógicos de presiones relativas pre y post filtro para saber cuándo precisan ser reemplazados. Debe tenerse en cuenta que cada etapa de filtrado equivale a una disminución de carga y ofrece una resistencia al paso del aire por lo que los equipos que movilizan el aire deben estar seleccionados de tal forma que puedan vencer estas resistencias para poder suplir el caudal de aire necesario. Se adjuntan hojas de datos de cada tipo de filtro en el Anexo 3.

---

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.climastoluca.com/product/filtros-hepa/> (17/9/2023)



## Ductos y elementos terminales

Los ductos que actualmente se encuentran instalados para la distribución cumplen con las condiciones establecidas por la norma:

Para poder determinar fehacientemente que pueden utilizarse se realizará el cálculo de velocidades del aire dentro de los ductos. Cada habitación está provista con una rejilla de inyección de aire de 35 cm x 35 cm y ductos de 30 cm x 25 cm en los tramos terminales (figura 15).

Tomando como referencia el Box 8, que tiene 34,24 m<sup>3</sup> de volumen y planteando la ecuación de caudal:

$$\text{Caudal} = \text{Velocidad} * \text{Área}$$

Despejando la velocidad de la ecuación:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Área}}$$

Con 12 renovaciones de aire por hora, el caudal será de 410 m<sup>3</sup>/h y el área del ducto es de 0,075 m<sup>2</sup>, por lo que obtenemos una Velocidad del aire en el ducto de 5466,66 m/h ó 1,51 m/s. La velocidad deseada en los ductos debe ser menor a 6 m/s para asegurar el confort.

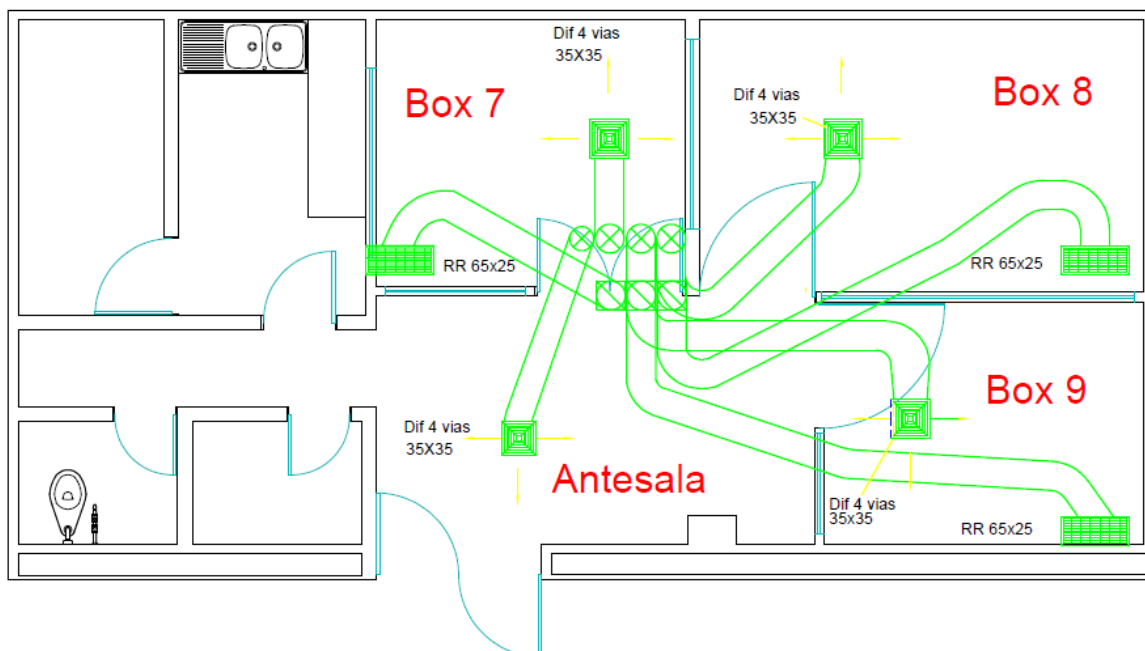


Figura 15: Representación de ductos de inyección y retorno en UTI Aislados actualmente instalados

Se repetirá el cálculo para el ducto que conecta los tramos terminales con la unidad de tratamiento de aire. El flujo mínimo que deberá aportar el equipo es de 1270 m<sup>3</sup>/h. Con el área del ducto de 40 cm x 65 cm (0,22 m<sup>2</sup>), la velocidad en el ducto será de 1,60 m/s, que sigue manteniéndose en el rango de aceptación. Es importante notar que, en la distribución actual la antesala no cuenta con

una rejilla de extracción (en la figura denominadas RR), por lo que esa es una de las modificaciones que se tendrán en cuenta para ser realizadas.

Realizando el cálculo del conducto de extracción para la antesala (que actualmente no posee extracción), y tomando el valor de velocidad de extracción de 1,5 m/s (5400 m/h), sabiendo el caudal a extraer (310 m<sup>3</sup>/h) obtenemos como resultado que el área debe ser de 0,05 m<sup>2</sup> (pues el caudal utilizado para el cálculo equivaldría a mantener la presión neutra entre salas). Tomando la raíz cuadrada de ese valor obtenemos un lado de 24 cm por lo que con un conducto de 24 cm x 24 cm alcanzaría perfectamente.

En conclusión: el sistema de ductos puede ser utilizado para el proyecto, previas pruebas de estanqueidad según la clase B de la norma ANSI/SMACNA 016-2012, y sumando un nuevo ducto de extracción independiente para la antesala.

## Ventiladores

Los ventiladores de impulsión deben ser calculados como máximo al 85% de su límite de clase. Deben ser autolimitantes, de acople directo, control de velocidad para mantener el caudal de aire constante. Sin poleas ni correas. Para usos en sistemas HVAC, se prefieren ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia adelante<sup>10</sup> (figura 16) y con acople directo. Esta configuración permite manejar grandes caudales de aire a presiones estáticas bajas (menores a 1960 Pascales), sin sufrir pérdidas por transmisión. Para seleccionar un ventilador eficiente, se deben disponer de las curvas características del sistema, las curvas características del ventilador, los puntos de trabajo, etc.



Figura 16: Ventilador centrífugo de álabes curvos hacia adelante

<sup>10</sup> Fuente: Nota técnica 71 – Gobierno de Chile

El ventilador de impulsión del sistema a proyectar deberá tomar aire exterior por un conducto de aproximadamente 10 m de largo, con dos curvaturas (una al ingreso a la UTA de 90° y la otra en el extremo distal o toma de aire exterior de 180°), debe ser capaz de vencer las 3 etapas de filtrado: MERV 8 y MERV 14 previo al ventilador, HEPA luego del ventilador; y proveer un caudal mínimo de 1300 m<sup>3</sup>/h efectivos. Es importante la instalación de un variador de frecuencia que permita, mediante elementos de control, asegurar el caudal aun cuando los filtros se encuentren al final de su vida útil. Es por eso que al momento de calcularlo se debe tomar en cuenta el peor escenario: filtros sucios y con aumento de resistencia al flujo de aire.

En los ventiladores de extracción se toman las mismas consideraciones que los ventiladores de inyección, pero en el caso de la extracción la pérdida de carga sólo se debe al filtro HEPA al comienzo del conducto y el tramo de conducto hasta la descarga a los 4 vientos en el techo.

Para seleccionar el ventilador correspondiente primero debemos calcular las caídas de presión en los ductos debidas a los elementos del sistema. Las caídas de presión se dan en todo lugar de la instalación donde se modifique el diámetro del conducto, se modifique el recorrido (codos 90°, 45°) o existan filtros u otros elementos que generen una caída de presión.

Se seleccionará a modo de ejemplo el cálculo de un ventilador de extracción:

Tomando como referencia la figura 15, más específicamente el recorrido del conducto de extracción del Box 8 se obtienen los siguientes datos:

- Diámetro del conducto: 30 cm (0,3 m) circular y 27.3 cm (0.273 m) el equivalente cuando es rectangular.
- Curvaturas: dos de 135° ( 90° + 45°) en el recorrido horizontal, una de 90° en el recorrido vertical y una de 135° en el final del trayecto (salida a los 4 vientos)
- Relación R/D 90°= 1.5
- Relación R/D 45°= 1.5
- Tramo recto: 4 m en el recorrido horizontal y 6 m de recorrido vertical.
- Velocidad del aire: calculada previamente en el cálculo de los conductos tiene un valor de 1.5 m/s pero se utilizará un valor más elevado (2 m/s) para contemplar las situaciones donde se deba realizar una extracción mayor por accionamiento del sistema de control.

La fórmula a utilizar es una simplificación de la fórmula de Bernoulli ampliamente utilizada en el cálculo aproximado de caída de presiones por profesionales de la industria. Los cálculos específicos se realizan utilizando datos tabulados del manual Carrier o directamente por software.

El método simplificado consiste en utilizar una calculadora online<sup>11</sup> que permite calcular la caída de presión en los ductos:

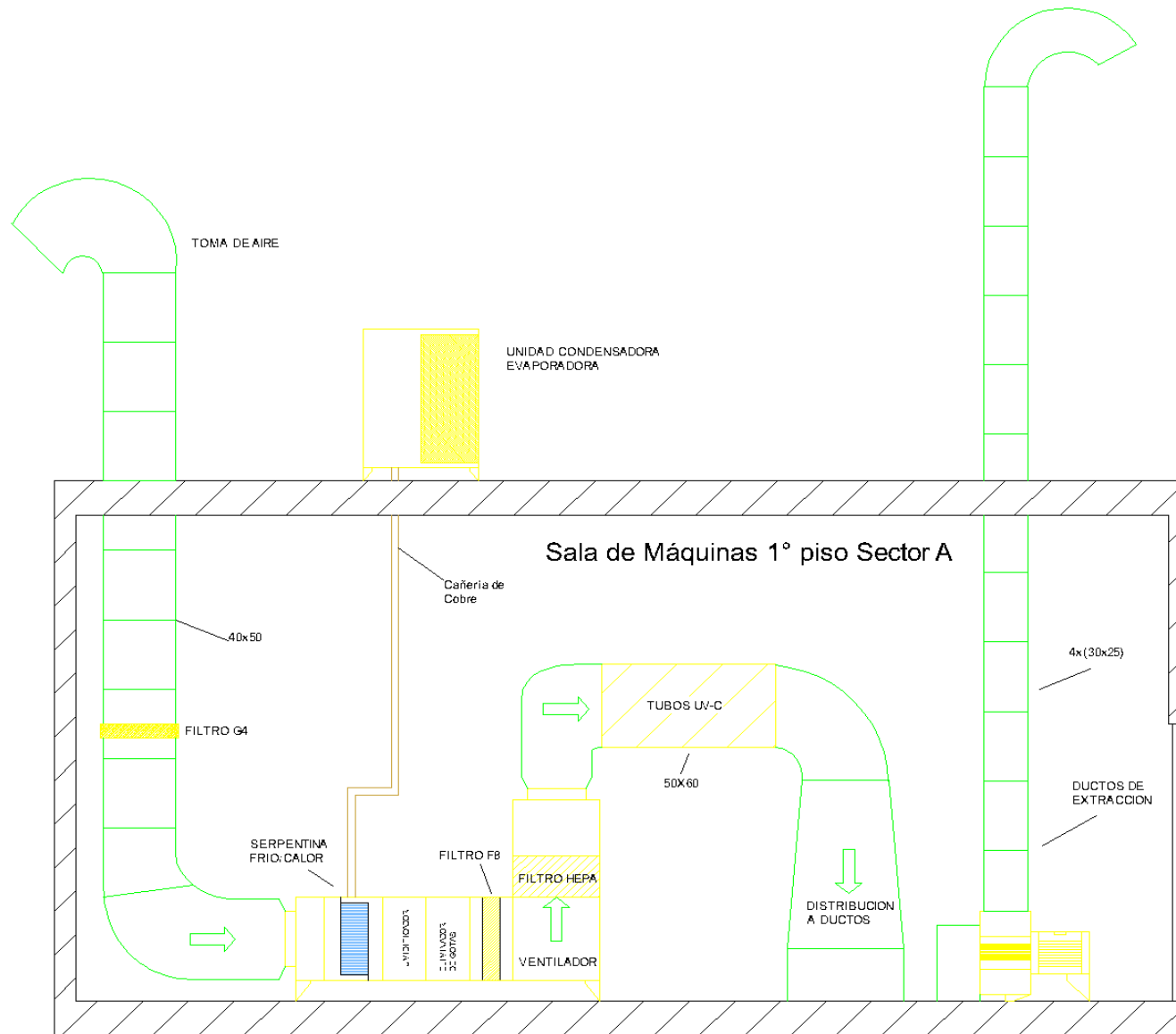
- Caídas de presión en tramo recto: 0.2 Pa.
- Caídas de presión en accesorios: 4 Pa.
- Caída de presión por filtro HEPA: 245 Pa.

Como puede observarse, la mayor caída de presión se debe a tener que vencer el filtro, por lo que la curva del sistema de extracción será prácticamente basada en ese valor. Con los datos obtenidos se puede seleccionar un ventilador que pueda vencer una presión de 250 Pa (con filtros limpios) y que movilice un caudal de 310 m<sup>3</sup>/h.

---

<sup>11</sup> [https://hvac-eng.com/es/calculadora-de-conductos/#PRESSURE\\_DROP\\_PCALCULATOR](https://hvac-eng.com/es/calculadora-de-conductos/#PRESSURE_DROP_PCALCULATOR)

Figura 17:: Proyección de disposición de equipos



## Protección contra incendios<sup>12</sup>

Se instalará un dámper corta fuego y corta humo a la salida de la manejadora de aire para evitar romper la compartimentación contra incendio (evitar que el incendio se propague, en este caso, a la sala de máquinas del piso superior) y también en la toma de aire exterior. Serán motorizados y de accionamiento automático cuando se active la alarma contra incendios del área para asegurar que el incendio se está produciendo en los locales a los que alimenta el sistema de ductos. La reapertura de los dámpers corta fuego y humo será por comando manual exclusivamente. El sistema debe desconectarse automáticamente en caso de incendio.

## Humidificación<sup>13</sup>

Se instalará de ser necesario un sistema de humidificación por sistema de electrodo sumergido y no se permiten humidificadores adiabáticos. Debe ser acompañado de un sistema eliminador de gotas y el sistema completo debe encontrarse aguas debajo de las serpentinas, pero aguas arriba de la segunda etapa de filtrado.

## Control

El sistema de acondicionamiento de aire debe contar con un sistema de control que permita:

- Sensado de temperaturas para la activación automática del sistema de refrigeración/calefacción, y control del flujo de refrigerante mediante variador de frecuencia en el compresor.
- Sensado de presiones diferenciales entre las distintas habitaciones para determinar mediante variadores de frecuencia en los ventiladores de inyección y extracción la necesidad de aumentar el caudal inyectado/extraído.
- Desconexión automática del sistema en situaciones de incendio del área y cierre automático de dámpers corta fuego/humo.
- Aviso sonoro y visual cuando una puerta se encuentre abierta.
- Corte automático de calefacción de soporte (resistencias eléctricas) si la temperatura de las mismas supera los 60 °C.
- Aviso y corte de calefacción/refrigeración en caso de falta de suministro de aire.
- Sensado de presiones diferenciales en filtros de alta eficiencia para su cambio.

---

<sup>12</sup> Fuente: Norma IRAM 80401-3:2022

<sup>13</sup> Fuente: Norma IRAM 80401-1:2022

Para este proyecto se plantea un sistema de esclusas no restrictivas en cadena. Se considera no restrictiva por el simple hecho que, al momento de una urgencia, las puertas bajo ningún concepto pueden encontrarse bloqueadas impidiendo el acceso del personal médico o de asistencia al paciente. Es por eso que se plantea la posibilidad de instalar avisos sonoros y visuales sobre las puertas para asegurar que se cumplan las condiciones de trabajo. A continuación, se describirá una situación para explicar el funcionamiento de la zona (figura 18):

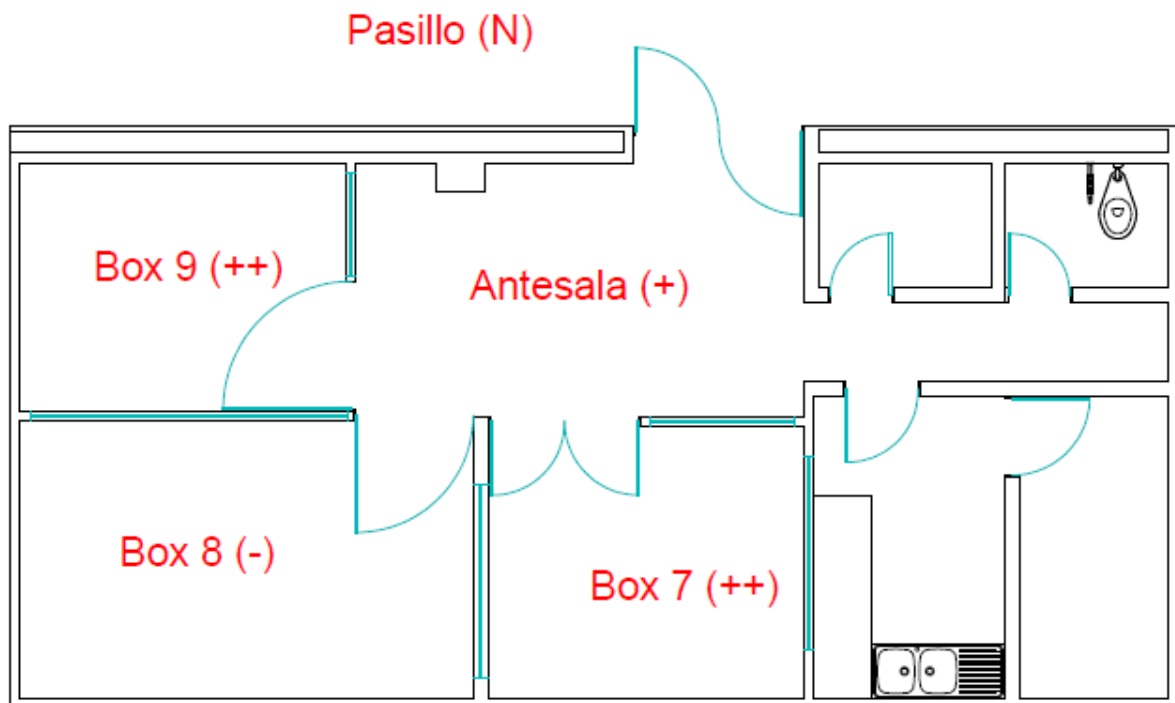


Figura 18: Situación hipotética con presiones diferenciales

En la figura se puede observar que se toma la presión del pasillo como la presión “neutra”, por lo que, la presión de la antesala debe ser mayor que la del pasillo para evitar que ingrese aire desde fuera. Suponiendo un paciente inmunodeprimido que sale de quirófano y debe ingresar a un aislamiento con presión positiva en el box 9, se debe seguir un protocolo que acompañe el accionar del personal asistencial: en primera instancia, corroborar que se pueda ingresar de forma visual a través del visor de la puerta y con el indicador visual que permite el paso y asegura que las presiones están estables. Una vez se abre la puerta y se ingresa al paciente del pasillo a la antesala, se debe corroborar que la puerta se cierra para que el sistema pueda nuevamente equilibrar las presiones. En ese momento los extractores y el inyector modificarán la frecuencia de trabajo para equilibrar las presiones y, una vez equilibradas, indicar que puede proceder a ingresar al paciente a la sala.

Desglosando:

- Paciente en espera en el pasillo: si todas las puertas internas del área se encuentran cerradas y las presiones equilibradas el indicador luminoso del pasillo que habilita el paso se muestra activado.
- Puerta del pasillo abierta: caen las presiones, los indicadores de las puertas internas del área cambian a estado de “no abrir”, los inyectores/extractores de las áreas comprometidas modifican su velocidad para volver al equilibrio de presiones.
- Puerta del pasillo cerrada: los indicadores siguen en estado “no abrir” hasta que se equilibren las presiones.
- Presiones equilibradas: se habilita el paso para el box.
- Puerta del box abierta: caen las presiones, todos los indicadores de las puertas cambian a estado “no abrir”, inyectores/extractores modifican la velocidad de giro para reestablecer presiones.
- Puerta del box cerrada, paciente ingresado: indicadores en estado “no abrir” mientras se equilibran las presiones.
- Presiones equilibradas: indicadores que habilitan el paso se encienden nuevamente.

Se recomienda que el sistema de control sea mediante PLC, y a continuación se desarrollará el diagrama de flujo que indicará el modo de funcionamiento del sistema de extracción cuando se encuentra abierta la puerta del pasillo de la terapia (figura 19).



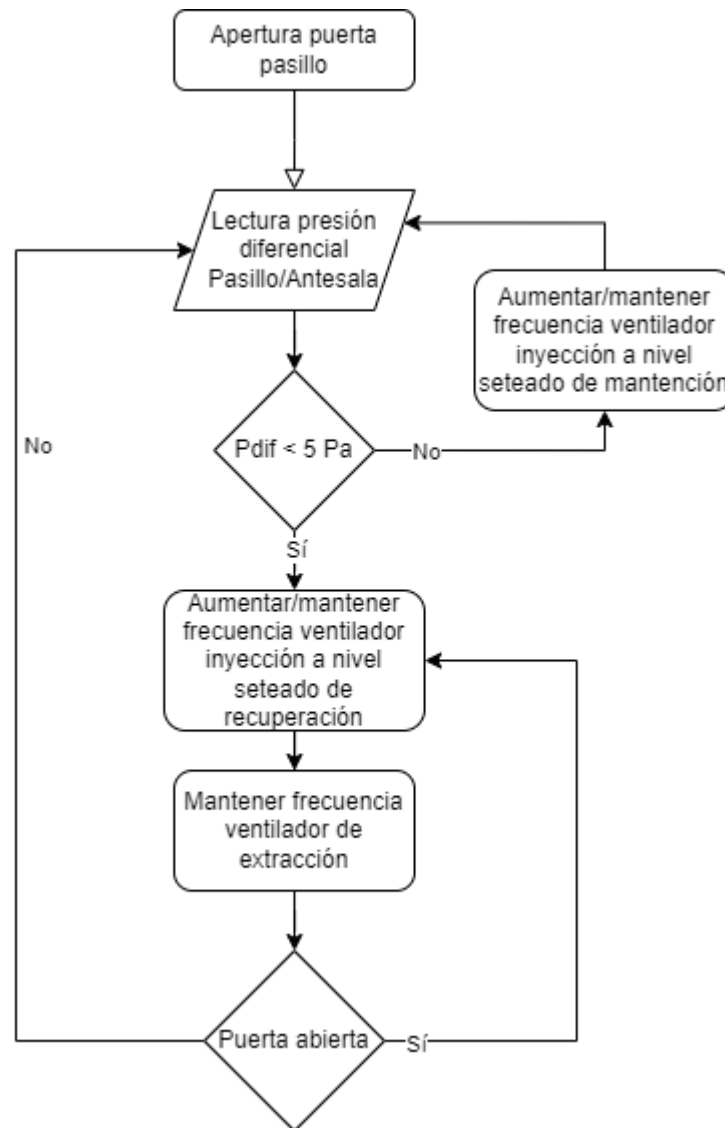


Figura 19: Diagrama de flujo de control para el evento: apertura de puerta pasillo

## Control de Presiones

El control de las presiones entre los diferentes recintos que componen el sector de aislados se realiza modificando las velocidades de giro de los ventiladores (impulsor y extractor). Todas las salas cuentan con la inyección de aire provista por una única UTA en la cual el aire exterior es ingresado, filtrado, acondicionado, esterilizado y distribuido por los ductos a cada una de ellas.

Cada habitación de aislados cuenta con su sistema independiente de extracción de aire previamente filtrado. Por lo tanto, se tiene un ventilador de impulsión en la UTA y cuatro ventiladores de extracción con sus ductos y salidas a los cuatro vientos. Todos los ventiladores cuentan con variadores de frecuencia que cumplirán dos funciones primordiales:

- Control de presiones entre recintos: determinando la presión de referencia en la antesala y aumentando la velocidad de giro mediante variador de frecuencia en caso que se quiera establecer una presión negativa dentro de la sala; o disminuyendo la velocidad de giro del extractor en caso que se quiera establecer una presión positiva en la sala con respecto a la antesala.
- Asegurar caudales inyectados y/o extraídos durante toda la vida útil de los filtros de alta eficiencia: es necesario que el equipo pueda entregar el caudal necesario para cumplir con la

cantidad de renovaciones/hora en todo momento e independientemente del estado de los filtros.

Se debe sensar la presión entre los siguientes puntos:

- Presión diferencial antesala/pasillo de ingreso.
- Presión diferencial antesala/box 7 aislados.
- Presión diferencial antesala/box 8 aislados.
- Presión diferencial antesala/box 9 aislados.

Las presiones diferenciales deben ser de al menos 5 mmHg para evitar el ingreso/egreso de microorganismos a las salas al momento de abrir las puertas. La presión tomada como “neutra” debe ser la del pasillo de ingreso al área de aislados, y la antesala debe tener presión positiva con respecto al pasillo.

Para lograr una presión positiva dentro de una sala con respecto a la antesala, es necesario que el caudal extraído de aire sea menor al inyectado.

Para lograr una presión negativa dentro de una sala con respecto a la antesala, el caudal extraído deberá ser inferior al inyectado.

Para tener una presión neutra entre la sala y la antesala, la inyección de aire debe ser igual a la extracción del mismo.

## Control de temperatura

Por las características de los pacientes que ingresan a la terapia de aislados del Hospital de Urgencias, no se requiere de una diferenciación en la temperatura de cada sala como podría ser, por ejemplo, el caso de un paciente con quemaduras graves. Es por eso que se define una temperatura de confort entre los 21°C y 24°C y debe ser sensada en cada sala.

La ubicación del termostato que tendrá el control de la temperatura se debe realizar un análisis de la temperatura tanto en verano como en invierno para constatar que en cada una de las salas la temperatura se encuentre entre los 21°C y los 24°C.

Utilizando la tecnología VRV (Volumen de Refrigerante Variable) es posible aumentar o disminuir la circulación de líquido refrigerante dentro de la serpentina, obteniendo un equipo más eficiente energéticamente y logrando una mejor performance del equipo tanto en refrigeración como en calefacción.

Para la activación de calefacción de soporte por resistencias eléctricas se tomará como referencia la variación de velocidad en el compresor de refrigerante. Si se mantiene una velocidad elevada por un tiempo mayor al deseado se energizarán las resistencias eléctricas evitando la fatiga del compresor.

## Modificaciones edilicias

Para la realización de este proyecto se deberían realizar algunas modificaciones dentro del área para asegurar su buen funcionamiento, a saber:

- Reemplazar las puertas de ingreso a la antesala y los boxes por puertas corredizas con cierre estanco, y con visores que permitan la inspección visual del personal previo a realizar

cualquier acción. Se eligen puertas corredizas porque genera una menor turbulencia del aire al momento de abrir/cerrar (figura 20).

- Cerrar con una puerta corrediza el paso entre la antesala y el estar de enfermería/chatero.
- Asegurar la estanqueidad de las salas controlando infiltraciones en las juntas de ventanas, puertas, desagües, etc.

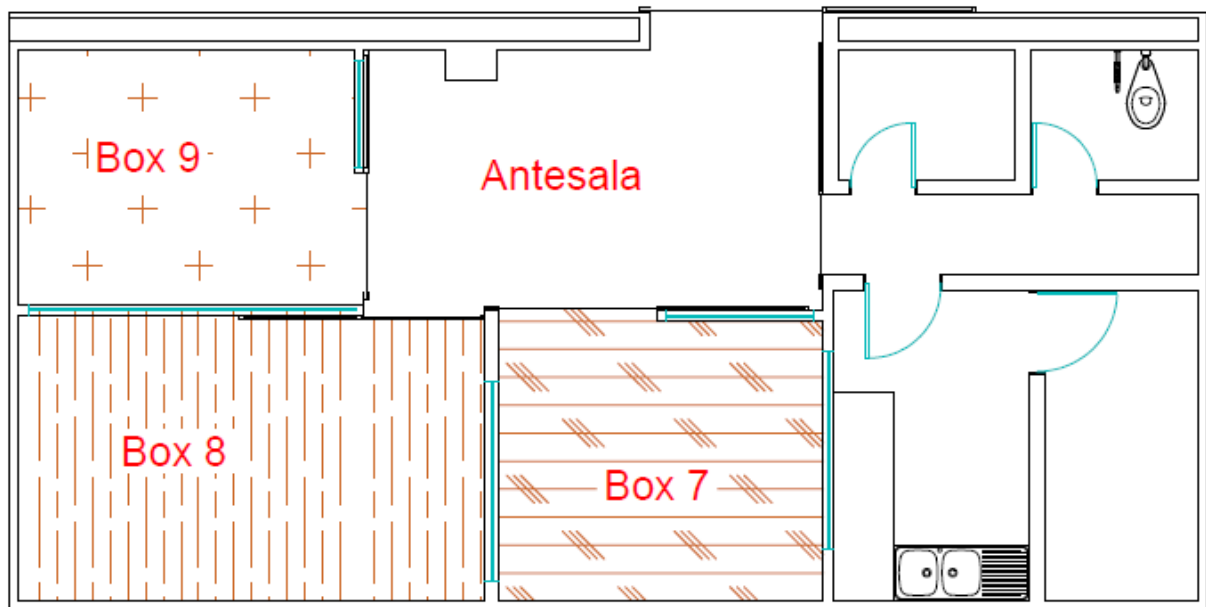


Figura 20: áreas independientes con puertas corredizas y estancas

## Pliego técnico del proyecto

### Pliego técnico de condiciones generales y particulares

Para el diseño, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de un sistema de tratamiento de aire para el área de aislados de la Terapia Intensiva del Hospital Municipal de Urgencias de la ciudad de Córdoba.

### Memoria descriptiva

El proyecto está enfocado a los locales que componen el servicio de Terapia Intensiva – Aislados del Hospital Municipal de Urgencias de la Ciudad de Córdoba. El nosocomio se encuentra en el barrio centro de la ciudad, entre las calles Salta, Catamarca, Sarmiento y Bv. Guzmán. Los locales se encuentran en la planta baja de la nave oeste de la institución. El área comprende 3 habitaciones para aislados con una antesala que comunica al pasillo que comparte la terapia general y la transferencia a quirófanos. Inmediatamente encima de los locales de la UTI aislados se encuentra (en el primer piso) la sala de máquinas donde deberá instalarse la mayor parte del equipo de tratamiento de aire solicitado en este proyecto.

Las medidas de las salas y la disposición de las mismas serán provistas en el plano que acompaña este documento en formatos PDF y DWG.

El conjunto de locales se encuentra aislado de luz y radiación solar pues no posee ventanas, y los muros externos del área se componen de un recubrimiento de madera prensada de 20 mm, muro de ladrillo macizo de 15 cm, revoque interno y recubrimiento plástico lavable de 3 mm. Cada local tiene un cielo raso de yeso en paneles completos separado 70 cm de la loza. Internamente las habitaciones de los aislados se encuentran separadas entre sí por muros de 1,5 m de alto y ventanas de 1,65 m completando así la altura de 2,65 m.

## Condiciones generales

Normativas: el diseño del proyecto, los equipos a instalar, los tableros y conexiones eléctricas deben estar regidas bajo las siguientes normativas:

- IRAM 80400
- IRAM 80401
- AEA 90364 parte 7 sección 710
- IEC 61000
- Recomendaciones ASHRAE

Cualquier normativa que pueda ser aplicada y confiera mayor seguridad o control al sistema debe ser especificada al momento de presentar la oferta.

Certificaciones: debe presentarse con la oferta toda certificación pertinente respecto de equipos (pruebas en fábrica de estanqueidad), filtros, sensores y transductores, etc.

Diseño: se proveerá de toda la información en este documento, además se entregarán en forma digital los planos de planta en formato dwg y pdf. Los oferentes pueden y deben realizar visitas técnicas al área para realizar el relevamiento de las instalaciones, toma de medidas, etc. Se deberá entregar con la oferta el cálculo por software de tamaños de ducto, potencia de equipos, esterilización del aire por UV-C, potencia de refrigeración y calefacción, tamaño de manejadoras de aire, cargas térmicas completas, etc. Se debe entregar con la oferta los planos del proyecto en formato pdf y dwg para su posterior análisis por parte del servicio de ingeniería del nosocomio. Se valorará toda mejora de diseño que prevea la eficiencia energética del sistema en su conjunto. Se debe confeccionar tabla de cotización de elementos indicando cantidades, precio unitario y precio total. Se debe tener en cuenta el costo de mano de obra por cada etapa, así como los costos de realizar las pruebas de hermeticidad de los distintos componentes del sistema.

Garantía: todos los equipos deben proveerse con al menos un año de garantía del fabricante a contar desde el momento de puesta en marcha. La mano de obra debe tener el mismo período (un año) de garantía a partir de la puesta en marcha.

Niveles de intervención: el personal de mantenimiento de equipos termo mecánicos deberá ser capacitado para poder dar soporte e intervenir el equipo una vez finalizado el período de garantía.

Capacitaciones: el personal asistencial deberá ser capacitado para el correcto uso del sistema, esto es: seteo de temperaturas, selección de presiones por habitación (inmunocomprometido/infectocontagioso), humedad, etc.

Planes de mantenimiento: se deberá entregar al momento de la oferta planes de mantenimiento (anuales, semestrales, trimestrales, bimestrales) que deben llevarse a cabo por el personal de mantenimiento del nosocomio, coordinándose durante el año de garantía para ser realizados en conjunto en forma de capacitación.

Condiciones previas a la instalación: todo oferente debe entregar al momento de la oferta las condiciones de las instalaciones eléctricas y edilicias que la institución deba cumplir para la correcta instalación del sistema.

Manuales: deben entregarse al momento de la instalación los manuales de instalación y usuario de los equipos, así como las fichas técnicas y datasheet de filtros, motores, sensores, y componentes eléctricos del sistema.

Repuestos y vida útil: realizar la selección de equipos con vida útil no menor a 10 años cuyos repuestos sean accesibles y asequibles en el mercado local.

Servicio técnico: sito en la ciudad de Córdoba o alrededores con tiempo de respuesta menor a 12 hs. una vez efectivizado el reclamo.

Recepción provisoria y definitiva: la recepción provisoria será entregada al momento de recibir los planos finales de la obra con las correcciones pertinentes e inspeccionado el trabajo final. La recepción definitiva será 12 meses después de la recepción provisoria en caso de no poseer observaciones.

## Condiciones particulares

Dadas las condiciones externas existentes en la ciudad de Córdoba: temperaturas exteriores extremas históricas de  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $40.5^{\circ}\text{C}$  (mínima y máxima), amplitud térmica de  $18^{\circ}\text{C}$  en verano y  $16^{\circ}\text{C}$  en invierno, con una humedad relativa promedio entre el 65% y el 67%, el sistema a diseñar deberá garantizar las siguientes condiciones de trabajo.

- 1- Condiciones de trabajo
  - a. Temperatura de confort:  $21^{\circ}\text{C}$  a  $24^{\circ}\text{C}$ .
  - b. Humedad relativa: 55% a 65%.
  - c. Renovaciones/hora: al menos 12 renovaciones de aire/hora.
  - d. Aire 100% exterior.
  - e. Caudal mínimo:  $1300\text{ m}^3/\text{h}$ .
  - f. Velocidad del aire en ductos: no mayor a  $6\text{ m/s}$ .
- 2- Unidad de tratamiento de aire

- a. Debe ser modular
  - b. Debe contener la serpentina de calefacción/refrigeración.
  - c. Debe alojar el humidificador, el ventilador de impulsión, el filtro de alta eficiencia, el separador de gotas.
  - d. Debe tener accesos para el mantenimiento de las diferentes partes.
- 3- Equipos de refrigeración/calefacción
- a. Expansión directa frío/calor.
  - b. Debe asegurar una temperatura constante de 21°C – 24°C durante todo el año.
  - c. Compresor con variador de frecuencia para aumentar la eficiencia.
  - d. Potencia o capacidad: debe calcularse por cargas térmicas, no aproximarse por cantidad de metros cuadrados.
  - e. Deben ser capaces de refrigerar/calefaccionar el caudal compuesto 100% por aire exterior.
  - f. Serpentina de cobre sin costura mecánicamente expandidos contra aletas de aluminio con densidad menor a 14 aletas por pulgada. La estructura de las serpentinas debe ser de aluminio o acero inoxidable AISI 304.
  - g. Bandejas de condensado doble pendiente de acero inoxidable AISI 304.
  - h. Fluido refrigerante **sin flúor**, que no afecten la capa de ozono y minimicen el efecto del calentamiento global.
  - i. Fluido refrigerante calculado al máximo límite que evite barrido de oxígeno en caso de pérdida.
  - j. Equipo tipo rooftop.
  - k. Calefacción de soporte con resistencias eléctricas construidas en aluminio sólo para ser utilizadas en casos excepcionales.
- 4- Equipos de radiación UV-C
- a. Deben encontrarse aguas debajo de las serpentinas.
  - b. Longitud de onda: UV-C 253,7 nm.
  - c. Irradiancia mínima de 250 uW/cm<sup>2</sup> al final de la vida útil del emisor.
  - d. Certificado de ensayo para instalación en equipos termomecánicos.
  - e. Microorganismo blanco elegido: *Mycobacterium tuberculosis*.
- 5- Etapas de filtrado
- a. Primera etapa/pre-filtro:
    - i. Debe ubicarse aguas arriba de la serpentina.
    - ii. Clase MERV 8 o superior.

- iii. Marco de plástico, aluminio o acero inoxidable.
  - iv. Debe cubrir el 100% de la superficie del ducto o bandeja.
  - v. Debe contar con un sistema de reemplazo de fácil acceso.
- b. Segunda etapa de filtrado:
- i. Debe ubicarse aguas debajo de las serpentinas y previo al ventilador.
  - ii. Clase MERV 14 o superior.
  - iii. Marco de plástico, aluminio o acero inoxidable.
  - iv. Debe cubrir el 100% de la superficie del ducto o bandeja.
  - v. Debe poseer ojo de buey o sensor de presión diferencial para determinar el tiempo de recambio.
  - vi. Sistema de reemplazo de fácil acceso.
- c. Tercera etapa/Filtrado de alta eficiencia:
- i. Debe ubicarse aguas abajo del ventilador y lo más cerca posible a la salida de expulsión del aire.
  - ii. Clase MERV 18 o superior (H14 – HEPA)
  - iii. Eficiencia de filtrado del 99.997% en partículas de entre 0.3 y 1 micron.
  - iv. Se valorará sistema de cambio sin contacto “bag-in, bag-out”.
  - v. Se utilizarán filtros de este tipo para la extracción.
  - vi. Marcos de aluminio o acero inoxidable con burletes para evitar cualquier infiltración de aire no filtrado.
  - vii. Debe cubrir el 100% de la superficie del ducto o bandeja.
  - viii. Debe poseer sensado de presión pre y post filtro para determinar el recambio del mismo.

## 6- Ductos

- a. Construidos en materiales no biodegradables y mecánicamente duraderos. Chapa galvanizada, acero inoxidable o aleaciones de aluminio.
- b. Construcción en chapa con bridados según normas Special Joint Profiles SMACNA-1995 o posteriores.
- c. Superficies internas lisas, resistentes a la abrasión y corrosión.
- d. Elementos de fijación, conexión como roscas, espigas de tornillos, bridas, etc, no deben ingresar a la parte interna de los conductos.
- e. Se debe cumplir con las pruebas de estanqueidad según clase B de la norma ANSI/SMACNA 016-2012.
- f. Velocidad del aire en ductos no mayor a 6 m/s para inyección.



- g. Velocidad del aire en ductos no mayor a 5 m/s para extracción.
- h. Es posible utilizar los ductos existentes, siempre y cuando cumplan con el punto e de este apartado y se respeten las velocidades de inyección y extracción.
- i. Los elementos de sellado deben ser ignífugos, no perjudiciales para la salud, a prueba de abrasión y resistentes a los desinfectantes aprobados por ANMAT.
- j. Deben aislarse los conductos de alimentación, no así los de extracción. La aislación debe ser externa y el material aislante debe ser hermético a la difusión de vapor, ignífugo, auto extinguido y sin generador de humo o vapores.
- k. No se permiten ductos flexibles.
- l. Tomas de aire exterior y expulsiones deben estar emplazadas para garantizar que no interactúen entre sí.
- m. Realizar la curva característica del sistema para luego seleccionar el rango de trabajo del ventilador teniendo en cuenta las etapas de filtrado y los accesorios de los ductos.

#### 7- Ventiladores

- a. Se deben seleccionar 4 (cuatro) ventiladores de extracción y uno de impulsión.
- b. Deben ser calculados al 85% de su límite de clase.
- c. Autolimitantes.
- d. De acople directo.
- e. Deben contar con variador de frecuencia para control de caudal.
- f. No deben poseer correas o poleas.
- g. Deben ser del tipo centrífugos de álabes curvados hacia adelante.
- h. Los ventiladores deben mantener el caudal constante aún con los filtros sucios.
- i. Presentar curva característica del sistema y análisis conjunto de la curva del sistema completo; para cada ventilador de extracción y para el ventilador de impulsión.
- j. Deben asegurarse diferencias de presión entre recintos de entre 5 y 15 Pa.

#### 8- Humidificador

- a. No se permiten humidificadores adiabáticos.
- b. Preferiblemente por electrodo sumergido.
- c. Debe contar con eliminador de gotas.
- d. Todo el sistema de humidificación debe encontrarse aguas abajo de las serpentinas y aguas arriba de la segunda etapa de filtrado.

#### 9- Protección contra incendios

- a. Dámpers corta fuego y corta humo en la boca de expulsión de la unidad de tratamiento de aire para evitar romper la compartimentación contra incendios.

- b. Sistema de activación de los dámpers asociado al sistema de detección de incendio propio del área. Se debe evitar que se active cuando el incendio se está desarrollando en algún área circundante.
- c. Reapertura de dámpers de comando exclusivamente manual.
- d. En caso de incendio el sistema debe desconectarse automáticamente.

#### 10- Sistema de control

- a. Sistema de control por PLC.
- b. Debe sensor temperaturas en cada habitación y el control de temperatura debe estar asociado al recinto que más dificultad represente al momento de refrigerar/calear.
- c. Se debe controlar el flujo de refrigerante mediante variador de frecuencia en compresor.
- d. Control de flujo constante a la salida del equipo o UTA.
- e. Sensado de apertura/cierre de puertas con fines de carrera.
- f. Sensado de presiones diferenciales entre las siguientes salas:
  - i. Pasillo – antesala
  - ii. Antesala – box 7
  - iii. Antesala – box 8
  - iv. Antesala – box 9
- g. Sensado de presiones diferenciales en filtro de alta eficiencia.
- h. Sensado de temperatura de resistencias de calefacción (máximo 60°C) y corte automático.
- i. Sensado de ausencia de flujo y corte automático del sistema previo aviso.
- j. Led de advertencia ante puerta abierta.
- k. Desconexión de sistema en situaciones de incendio en el área.
- l. Actuación de dámpers corta fuego en caso de incendio en el área.
- m. Variación de frecuencia a un valor preestablecido de inyectores y extractores a modo “recuperación” (cuando se pierden las presiones) hasta reestablecer las condiciones normales.
- n. Sistema de led sobre las puertas de cada habitación indicando la posibilidad de ingresar (luz verde) o la imposibilidad de ingresar (luz roja) hasta restablecimiento de presiones.
- o. Parada de emergencia en sitio (enfermería y en sala de máquinas).

#### 11- Misceláneos

- a. Tensión de seguridad 24 VAC.
- b. Unifilares en todos los tableros eléctricos.

## Resultados

Aunque el Hospital de Urgencias dispone de un sistema de aire acondicionado en las salas de aislamiento de Terapia Intensiva, durante muchos años ha experimentado un deterioro debido a la falta de mantenimiento adecuado y a la avería de varios de sus componentes. Además, es importante destacar que las exigencias normativas y regulatorias actuales son superiores. En este trabajo integrador, los cálculos realizados para los conductos, caudales, velocidades del aire y la potencia de los equipos se aproximan a las especificaciones del sistema que se encuentra instalado.

Las demandas actuales son más elevadas, con requisitos más rigurosos en términos de filtración y tasas de renovación por hora. Sin embargo, la tecnología ha avanzado significativamente, permitiendo que los sistemas de tratamiento de aire sean mucho más eficientes, beneficiando tanto al paciente como al medio ambiente. La incorporación de tecnología inverter o sistemas VRV en el acondicionamiento de aire, combinada con el uso de refrigerantes respetuosos con el medio ambiente, garantiza el confort mientras reduce significativamente el impacto ambiental causado por estos sistemas que son extremadamente necesarios para la atención hospitalaria.

Finalmente, se logró alcanzar los objetivos generales propuestos al inicio de este proyecto integrador, estableciendo las bases de diseño para la implementación de un proyecto que diera respuesta a las necesidades del servicio, que asimismo permita la utilización independiente de las salas que componen el área.

Los objetivos específicos fueron logrados en su mayoría sin demasiadas dificultades, el relevamiento y caracterización de las salas, la determinación de variables según los requerimientos normativos, así como también especificar las principales características que debían cumplir los equipos. La planificación del sistema de control fue realizada en base al criterio adquirido luego de analizar las diferentes situaciones que pudieran desarrollarse en el área, ya que la normativa no se expresa en ese ámbito.

Al momento de realizar el pliego de especificaciones técnicas, por la situación económica del país fue muy difícil realizar un análisis económico ya que las empresas no respondían al momento de cotizar o asesorar pues no contaban con stock por falta de importaciones y no iba a resultar representativo ya que no se pudo obtener la cotización de gran parte de los equipos.

## Conclusión

La aplicación de normas en ambientes relacionados con la salud es esencial para garantizar la calidad, seguridad y eficiencia en la atención al paciente. Las normas establecen pautas claras para que los proveedores de servicios, instituciones médicas y profesionales de la salud puedan desarrollar sus actividades asegurando que se cumplan los estándares mínimos requeridos. Es de vital importancia promover la adecuación de los diferentes centros de salud a las normativas vigentes para generar un espacio de trabajo seguro, resguardar la salud de los pacientes, y también la de todo el personal de la salud que desempeña sus funciones en estos lugares.

Es menester de los profesionales que trabajan en establecimientos orientados a la salud velar por la mejora continua de las condiciones en las que llevan a cabo sus tareas, realizando las gestiones necesarias para ser más eficientes al momento de prestar servicio. La realización de este trabajo integrador fue muy importante ya que en el mismo confluyen muchas realidades diferentes: la situación económica del país, un sistema de salud público que tiene que responder ante una sociedad cada vez más demandante con recursos escasos y las necesidades particulares de los pacientes y trabajadores de la salud.

Este trabajo integrador ofrece una posible solución a un problema que cobró importancia en la pandemia por el COVID-19 y que puso en evidencia una vez más la necesidad de contar con personas formadas en disciplinas como la Ingeniería Biomédica para llevar a cabo la gestión de proyectos interdisciplinarios con la finalidad de mejorar la calidad de la atención y promover la confianza en el sistema de salud en su conjunto.

A partir del presente trabajo se propone como futuro desarrollo, la revisión completa de los sistemas de aire acondicionado de otros servicios como Shock Room, Quirófanos y salas de procedimientos, haciendo extensivo el uso y la aplicación de las mismas normativas.

## Bibliografía

AADAIH. "Salas de aislamiento para pacientes con COVID". Buenos Aires. 2020

ASHRAE. "Guía de bolsillo de ASHRAE para aire acondicionado, calefacción, ventilación y refrigeración". Edición I-P y SI. Atlanta. 2016

ANSI/ASHRAE. "Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size". Atlanta. 2017

Carrier Air conditioning Co. "Manual de aire acondicionado". 5° reimpresión. España. McGRAW-HILL. 1980

IRAM de emergencia 80400:2020 "Sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud". Primera edición. IRAM. 2020

IRAM 80401-1:2022 "Sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud – Equipamiento – Parte 1: Requisitos del equipo". Primera edición. IRAM. 2022

IRAM 80401-2:2022 "Sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud – Equipamiento – Parte 2: Requisitos de los conductos". Primera edición. IRAM. 2022

IRAM 80401-3:2022 "Sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud – Equipamiento – Parte 3: Requisitos de los elementos complementarios de los conductos". Primera edición. IRAM. 2022

IRAM 80401-5:2022 "Sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud – Equipamiento – Parte 5: Requisitos de los filtros y unidades de filtrado". Primera edición. IRAM. 2022

Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. "Guía de cálculo de transmitancias térmicas". Buenos Aires. 2018

UNE-EN ISO 14644. "Salas limpias y Locales Anexos". España, 2000

UNE 100713. "Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales". España, 2015

Zuñiga Moreno Pablo. "Recomendaciones básicas para la selección de ventiladores – Nota técnica 71 – Gobierno de Chile". Chile. 2018

“Equipos UV para desinfección – Calculadora de ductos”

<https://www.nyfdecolombia.com/uv/area-industrial/en/paginas/calculadora-aire> (ultima visita agosto 2023)

“Curvas características de un ventilador” <https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-curve-caracteristica/>

(ultima visita septiembre 2023)

“Calculadora de caída de presión en conductos” [https://hvac-eng.com/es/calculadora-de-conductos/#PRESSURE\\_DROP\\_PCALCULATOR](https://hvac-eng.com/es/calculadora-de-conductos/#PRESSURE_DROP_PCALCULATOR)

(última visita septiembre 2023)

“Manejadora de aire” <https://westric.com/component/content/article/86-productos/linea-precision/206-linea-ma?Itemid=437>

(última visita septiembre 2023)

“Filtros MERV 8” <https://www.grainger.com.mx/producto/AIR-CARE-DE-MEXICO-Filtro-de-Aire-Plisado-20x24x2-MERV-8/p/42NA63>

(última visita septiembre 2023)

# **ANEXOS**



## Anexo 1<sup>14</sup>

### Norma IRAM 80401

En este documento confeccionado por especialistas se listan los requisitos que deben cumplir las diferentes partes del sistema de ventilación y tratamiento de aire en locales críticos. Está dividido en 5 partes, 4 de las cuales se encuentran a disposición para su compra u adquisición y una en estado de revisión. A continuación, se analizarán una a una las partes disponibles de la normativa teniendo en cuenta la caracterización de las salas realizada en el capítulo anterior.

#### Parte 1 - Requisitos del equipo

Los equipos a utilizar en este proyecto serán del tipo “C”, que cumplen con mayores exigencias para el tratamiento de aire. Son equipos en los cuales se necesita control de presión mayor a 20 Pa en locales críticos y en los que necesitan requisitos de filtrado H13 (en el mismo equipo o como filtro terminal).

#### Gabinetes

##### Características generales

- Doble pared: pues la aislación termoacústica posee superficies poco lisas que permiten la acumulación de distintos microorganismos. Los equipos deben poseer una estructura que permita una doble pared de manera tal que el aislamiento se encuentre confinado.
- Intersticios internos: mínimos intersticios internos en los que se pueda acumular material indeseable y nocivo para la salud (hongos, virus y bacterias). En el diseño del equipo se deben minimizar las juntas, las cabezas de tornillo, los remaches, etc.
- Puentes térmicos: si bien no afecta la calidad del aire, en pos de aumentar la eficiencia energética los diseños de los equipos deben tener minimizados o estar excluidos de puentes térmicos.

##### Características particulares

- Presión positiva dentro del equipo: para configuraciones de equipos en los que luego del ventilador cuenten con secciones internas (para filtrado por ejemplo) deben usarse equipos cuyos gabinetes soporten presión positiva sin pérdidas significativas de aire.
- Acabado interno mínimo de la doble pared: para los equipos de clasificación C, el acabado debe ser de acero galvanizado con pintura epoxi excepto en la bandeja de condensado que debe ser de acero inoxidable AISI 304 como mínimo.
- Acabado externo mínimo de la doble pared: chapa de acero galvanizado pintado con epoxi.
- Secciones que requieren acceso: las diferentes secciones de los equipos deben poseer accesos para el mantenimiento, recambio de filtros, lámparas UV-C, etc. Estas secciones deben poseer puertas con manija y bisagra para los accesos.
- Visores/ojos de buey: los equipos deben contar con visores para secciones con ventilador, filtros o lámparas UV-C.
- Iluminación interna: deben poseer sistema de iluminación artificial interna en las secciones de acceso con encendido en el mismo gabinete del equipo.

---

<sup>14</sup> Fuente: Norma IRAM 80401

- Pruebas de estanqueidad: los equipos tipo C deben tener un gabinete aptos para pruebas de estanqueidad. Una vez colocados en obra deben ser sometidos a ensayos de estanqueidad de acuerdo con la norma ANSI/SMACNA 016-2012. Los equipos deben ser armados y sellados en su totalidad, incluyendo sus bocas de entrada y salida de aire. El ensayo de estanqueidad se debe realizar de acuerdo con la clase B de la norma ANSI/SMACNA 016-2012 y teniendo como límite admisible la curva 8 (figura 17). Se debe someter al equipo, en su interior, a una presión positiva de 750 Pa pudiéndose obtener una pérdida de aire admisible de hasta 0,8 l/s/m<sup>2</sup> (0,8 litros por segundo de caudal de aire por cada metro cuadrado de gabinete envolvente). Las pruebas de estanqueidad a hacer en campo se deben efectuar luego de que se hayan montado y sellado los módulos de las unidades y de que todas las acometidas eléctricas desde y hacia la unidad de tratamiento de aire se hayan realizado (principalmente la de potencia). Las perforaciones posteriores en el gabinete invalidan la prueba de estanqueidad una vez finalizada. Sólo se permiten perforaciones posteriores a la prueba de estanqueidad para niples de tomas a presión debidamente tapados.

## Ventiladores

Deben ser ventiladores autolimitantes de acople directo y control de velocidad para mantener el caudal de aire constante, no permitiendo el uso de poleas ni correas. Está permitido también el mantenimiento de caudal a través de dámperes de caudal constante. Los ventiladores deben estar seleccionados, como máximo, al 85% de su límite de clase.

## Serpentinas

Los intercambiadores de calor deben tener un acceso de 450 mm de ancho como mínimo para su inspección y limpieza.

Las serpentinas deben ser tubos de cobre sin costura mecánicamente expandidos contra aletas de aluminio, cuya densidad no debe ser mayor a 551 aletas por metro. El caudal de aire a pasar a través de ellas no debe ser tal que represente una velocidad de pasaje facial mayor que 2,5 m/s para evitar el arrastre de gotas de condensado.

Los separadores de gota no están permitidos para serpentinas (por su difícil limpieza), pero sí para el eventual caso de humidificadores. La estructura de las serpentinas debe ser de aluminio o acero inoxidable AISI 304.

## Bandejas de condensado

Deben ser de doble pendiente de acero inoxidable AISI 304.

## Fluido refrigerante interno

Dentro de los tubos de las serpentinas se deben utilizar fluidos refrigerantes sin flúor, que no afecten la capa de ozono y minimicen el efecto del calentamiento global. Si se usan refrigerantes alternativos al agua fría/caliente se debe considerar la cantidad de kilogramos de refrigerante límite establecidos en las recomendaciones 15 y 34 de ASHRAE para disminuir el riesgo de barrido de oxígeno en caso de pérdida.

En caso de no utilizar agua fría/caliente en equipos con control de humedad se debe considerar las dificultades del control de humedad propias del uso de los equipos de expansión directa.

## Recuperación de calor

En equipos con alto contenido de aire exterior (mayor al 50% del caudal) es recomendable la utilización de elementos recuperadores de calor que no contaminen el aire entrante con el aire saliente. No se deben utilizar ruedas entálpicas por su alto riesgo de contaminación.

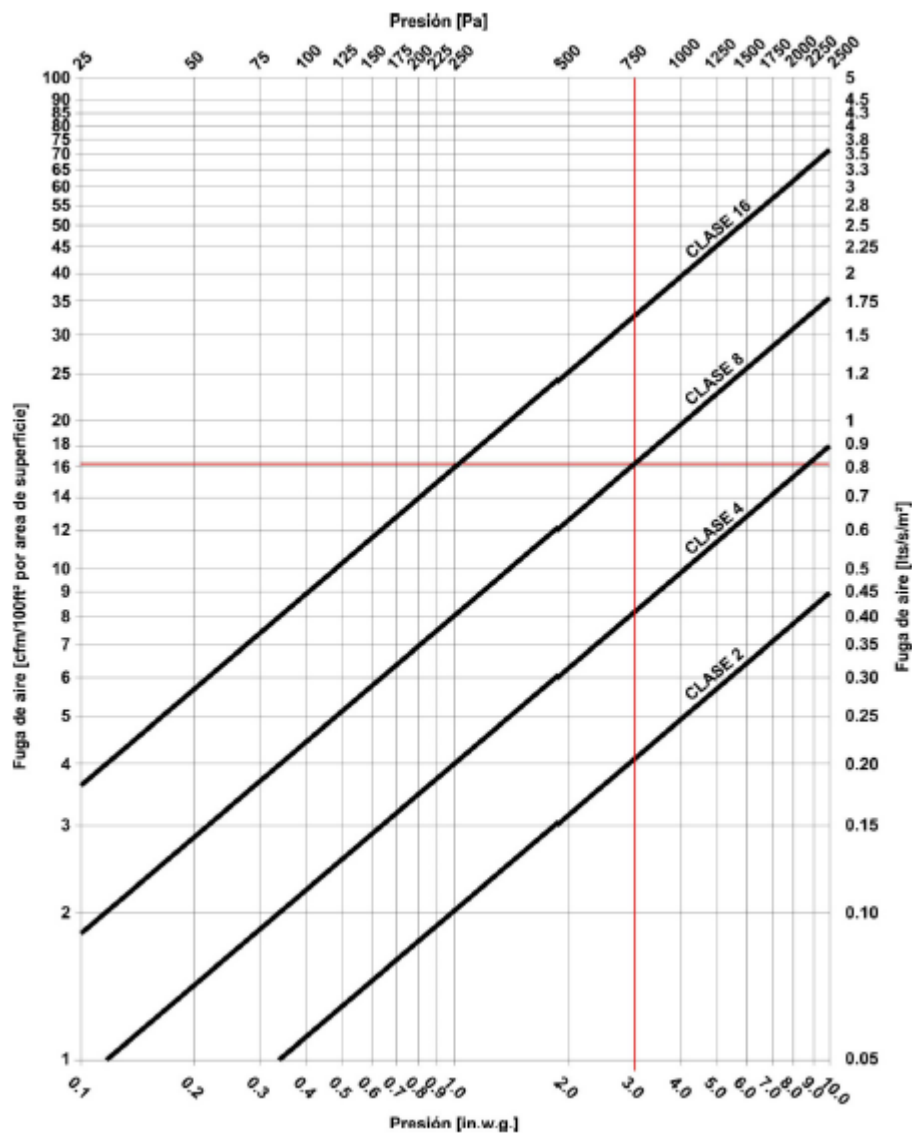


Figura 21: Curva 8 de prueba de estanqueidad

## Filtración

Los filtros utilizados en los equipos no deben exceder el caudal nominal declarado por el fabricante del filtro.

### Nivel mínimo de filtración de filtros que protegen la serpentina

Se debe utilizar un filtro M5 como nivel de filtración mínimo. Estos filtros no deben estar en guía sin contención en todo el perímetro en equipos del tipo C. Los filtros finos y HEPA desde F8 y en adelante deben estar contenidos en todo su perímetro. En caso de poseer filtros HEPA, el equipo deberá tener aguas abajo un acceso de 450 mm como mínimo para verificar su integridad, ensayo que debe ser realizado obligatoriamente. Los filtros HEPA deben contar con el certificado de

verificación de integridad de fábrica y el certificado de verificación de integridad una vez colocado en el equipo. El ensayo de integridad en campo debe ser efectuado de acuerdo con la UNE-ISO 14644-3. Los filtros HEPA deben ser cambiados por el lado sucio.

Todas las etapas de filtrado deben tener obligatoriamente elementos que detecten el ensuciamiento o deterioro para el cambio, ya sean presostatos o transductores de presión diferencial.

### Lámparas UV-C aguas abajo de las serpentinas

Se deben instalar lámparas UV-C<sup>15</sup>. El conjunto de emisor y balasto colocados aguas abajo y frente a la serpentina debe tener una potencia tal que sobre todo el plano de la serpentina pueda asegurar una irradiancia de como mínimo 250 micro Watts por centímetro cuadrado al final de la vida útil del emisor (en su condición inicial debe superar este valor), dentro de un rango de temperaturas de 10°C a 35°C. Es importante que los 250 micro Watts por centímetro cuadrado incluya toda la superficie de la serpentina.

El conjunto lámpara - balasto debe ser apto para su instalación en equipos termo mecánicos con certificado de ensayo otorgado por un laboratorio acreditado en cuanto a su potencia emitida y de ninguna manera puede generar ozono, dato que también debe figurar en el certificado junto con el detalle de los ensayos realizados.

Para asegurar la no proliferación de microorganismos en la serpentina el funcionamiento de las lámparas debe ser continuo e ininterrumpido independientemente del régimen de marcha de la manejadora. Se deben evitar materiales poliméricos degradables por UV-C expuestos en forma directa.

### Configuraciones recomendadas de los equipos

#### Equipos exclusivos de extracción

En los casos en que las unidades de extracción requieran filtrado HEPA, esta etapa de filtrado se debe ubicar siempre en forma previa a los ventiladores de extracción, previendo un acceso aguas abajo de 450 mm mínimo para la verificación de la integridad de los filtros. En aquellos casos que se requiera tener un mayor nivel de seguridad en la manipulación de los filtros se deben utilizar sistemas "bag in" "bag out" los cuales cuentan con un prefiltro F9 y un filtro HEPA 13, y el ventilador debe estar aguas abajo del filtro (figura 18). Estos equipos deben ser utilizados en extracciones de salas de infectocontagiosos o laboratorios con requerimientos especiales.



Figura 22: Diagrama de un equipo de extracción de aire tratado con filtro F8/F9

<sup>15</sup> elementos que generan radiación UV en la gama C para 253,7 nm de longitud de onda

### Equipos de alimentación o sobrepresión

Las unidades deben contar, como mínimo, con una etapa de filtrado de media eficiencia previa al sistema. Los filtros HEPA se ubican siempre en forma posterior al ventilador de inyección, y de preferencia al final de la manejadora de aire. Los filtros HEPA deben tener marco perimetral, se debe contar con un acceso para efectuar ensayos de integridad y se deben cambiar por el lado sucio. Los filtros HEPA deben tener un filtro F8 que los proteja y puede ir colocado aguas abajo o aguas arriba del ventilador.

### Humidificadores

Deben ser de tipo isotérmicos, ya sea por resistencias eléctricas o por electrodo sumergido, con provisión en línea de agua (sin exposición del agua al flujo de aire). No se deben colocar humidificadores adiabáticos. Por razones de higiene, en áreas quirúrgicas sólo pueden utilizarse humidificadores de vapor.

Si fuesen ubicados en el ducto, sólo pueden estarlo si aguas abajo hubiera un filtro HEPA terminal.

Si fuesen ubicados en la unidad de tratamiento de aire, deben ubicarse entre las serpentinas y la segunda etapa de filtrado. Aguas abajo de los humidificadores debe colocarse un eliminador de gotas y éste, si recibiera radiación UV-C, debe ser de material adecuado y que no altere su condición ante la emisión de radiación.

### Resistencias eléctricas

Siempre que sea posible debe evitarse el uso de resistencias eléctricas como elemento calefactor por ser de alto consumo energético. En caso de ser necesario utilizarlas, éstas deben ser de acero inoxidable blindadas.

### Elementos de seguridad

Los calefactores eléctricos deben tener un limitador térmico de temperatura de seguridad (60°C) y, en forma redundante, en la UTA debe haber un elemento detector de falta de caudal de aire con corte automático de la alimentación eléctrica de la resistencia eléctrica.

### Atenuadores de ruido

Los atenuadores de ruido instalados dentro de la manejadora de aire deben situarse entre la primera y segunda etapa de filtrado; no pueden ser instalados inmediatamente aguas abajo de una serpentina (de enfriamiento o calefacción), ni de un humidificador. No deben colocarse aguas abajo de una tercera etapa de filtrado (HEPA) y la superficie de las celdas atenuadoras debe estar protegida de la abrasión por la velocidad del aire.

### Persianas manejadoras de aire

Las persianas utilizadas en las UTA deben cumplir los requisitos establecidos en la norma IRAM 80401-3 y se deben utilizar para tomas de aire exterior, mezcla, alimentación o enfriamiento por economizador. Aquellas que sean tomas de aire exterior deben ser motorizadas y estancas, contando con cierre automático ante un corte de energía.

## Parte 2: Requisitos de los conductos

### Generalidades

La distribución del aire que se realiza a través de los conductos debe tener estanqueidad para no perder eficiencia ni contaminar. También deben estar diseñados de tal manera que posean rigidez mecánica y baja pérdida de carga al paso del aire. Todos los conductos se deben construir con materiales no biodegradables y mecánicamente duraderos.

Las superficies internas de los conductos deben ser lisas, resistentes a la abrasión y corrosión. Se recomienda utilizar chapa de acero galvanizado, acero inoxidable o aleaciones de aluminio. Debe evitarse utilizar lana de vidrio, conductos flexibles o materiales equivalentes.

Todos los componentes y materiales no deben ser dañinos para la salud, emitir olores o sustancias nocivas. Tampoco deben permitir la proliferación de los microorganismos. Los elementos para unión, sujeción, conectores, refuerzos, y demás accesorios de montaje se deben diseñar para facilitar su limpieza tanto manual como mecánica y evitar los depósitos localizados de partículas y suciedad. Estos elementos no deben producir perforaciones, fisuras o rajaduras en los conductos.

No se deben colocar componentes extraños o ajenos a la función del conducto dentro de él o atravesándolo o fijados al mismo. Por ejemplo, canalizaciones de instalaciones eléctricas, cableados, bajotechos y cañerías en general. Para facilitar su limpieza y mantenimiento, los componentes tales como atenuadores de ruido, reguladores de caudal e intercambiadores de calor deben ser instalados en las unidades de tratamiento de aire.

Los refuerzos se deben instalar siempre que sea posible en el exterior. Si se requiere su instalación interior, deben tener perfiles aerodinámicos que produzcan baja caída de presión y no generen turbulencia. Los elementos de fijación no deben ingresar a la parte interna de los conductos.

Los burletes y selladores no deben ser perjudiciales para la salud. Deben ser ignífugos, de superficies lisas, a prueba de abrasión, tener poros cerrados, resistentes a los desinfectantes y al envejecimiento. Todos estos elementos de sellado deben poder ser desinfectados con productos aprobados para estos fines por legislación vigente y aplicable (ANMAT por ejemplo).

Los conductos que alimenten locales con requerimiento de filtrado G4 deben ser de chapa con calibres BGW<sup>16</sup> con marco y pestaña o correderas. No se permiten retornos por pleno. Si los conductos tienen equipamiento con filtración superior a G4 deben ser bridados de acuerdo con las normas Special Joint Profiles SMACNA Edición 1995 y posteriores.

Cuando sea necesaria la colocación de sensores de temperatura/humedad, deben preverse orificios para tal fin con tapones de cierre individual. Para medición de velocidad/presión se deben colocar en lugares libres de turbulencias.

### Requisitos

#### Montaje

Los conductos deben mantenerse limpios antes y durante el montaje. Los tramos de conductos se deben suministrar tapados en ambos extremos. Se deben ir destapando durante el montaje manteniendo los tramos parcialmente montados tapados con film de polietileno en todas sus aberturas. Todos los conductos principales y ramales de distribución en las áreas técnicas deben

---

<sup>16</sup> Birmingham Wire Gauge

ser provistos de flechas adhesivas de color indicando el sentido de circulación del aire y la zona o sistema al que pertenece.

#### Pruebas de estanqueidad

Una vez montados en obra, los conductos deben ser sometidos a pruebas de estanqueidad conforme a la norma ANSI/SMACNA 016-2012. Los conductos deben ser armados y sellados en su totalidad por cada tramo a medir. El ensayo de estanqueidad es exactamente igual que el realizado en los equipos detallados previamente.

#### Aislación de los conductos

Se deben aislar tanto los conductos de alimentación como los de retorno. Los conductos de extracción no deben aislarse excepto que lleven aire desde el ambiente hasta la unidad recuperadora de calor.

El aislamiento debe colocarse en el exterior de los conductos de aire. El material aislante debe ser hermético a la difusión de vapor, ignífugo, auto extinguido y sin generación de vapores y humos nocivos ante un incendio.

#### Limpieza

Para la limpieza mecánica de los conductos deben preverse aberturas de inspección del tamaño adecuado, las cuales deben tener un cerramiento hermético que debe garantizar la estanqueidad del conducto, o bien se pueden instalar piezas o accesorios de conductos extraíbles para fines de inspección y/o limpieza.

#### Requisitos generales de los tramos principales de los conductos

Las velocidades iniciales de cálculo no deben sobrepasar los siguientes valores:

- Para conducto principal de alimentación: 6 m/s.
- Para conducto principal de retorno/extracción: 5 m/s.

#### Características constructivas de los conductos

- Las curvas deben ser de amplio radio, con guidores cuando la relación entre el radio de curvatura del eje del conducto y el ancho de éste sea menor o igual a 1.
- Las dimensiones de los conductos se deben calcular considerando que la pérdida unitaria de carga debe mantenerse constante a lo largo de todo el recorrido de ellos y que no sobrepase a 1 Pa por cada metro lineal.
- Los calibres de chapa galvanizada para conductos rectangulares:
  - lado  $\leq$  70 cm: chapa BWG N°24/25
  - 71 < lado  $\leq$  125 cm: chapa BWG N°22
  - lado  $\geq$  126 cm: BWG N° 20
- Todos los conductos rectangulares que superen en un lado la dimensión de 1.5 m deben ser reforzados con marco de hierro ángulo de 21.7 mm de lado y 3.17 mm de espesor montados uno por cada metro de largo.
- Para la fijación de los soportes en estructuras de hormigón sin insertos se deben utilizar brocas de expansión con bulones zincados de, como mínimo, 6.35 mm de diámetro.

En casos de estructuras metálicas, los conductos se deben anclar de vigas, correas, columnas, entre otros, mediante la soldadura de placas de anclaje o perfiles complementarios a partir de los cuales se desarrollan las piezas soporte.

Los conductos de hasta 45 cm de lado mayor se deben soportar con acero ángulo de 25.4 mm x 3.17 mm y varilla roscada de 6.35 mm con distancia máxima de 200 cm entre cada una.

Todo ensanche o disminución de sección se debe realizar en forma gradual.

### Requisitos particulares

Aguas abajo de un filtro de alta eficiencia no debe contener, en la cara interna del ducto, materiales porosos incluyendo los fonoabsorbentes.

Las tomas de aire exterior y expulsiones deben estar emplazadas para garantizar la no interacción entre ellas y asegurar la calidad en la toma de aire exterior y en el caso de las expulsiones no debe interactuar con el ambiente circundante. Las expulsiones deben ser a los cuatro vientos, a una altura mínima de 4 metros y no se deben instalar a menos de 5 metros de una toma de aire exterior. No se permite la utilización de conductos flexibles. Se debe aislar a tierra cada tramo de conducto que esté aislado por elementos absorbentes de vibraciones.

## Parte 3: requisitos de los elementos complementarios de los conductos

### Elementos terminales (rejillas y difusores)

#### Requisitos generales

Los elementos terminales deben ser de materiales anticorrosivos (aleación de aluminio anodizado o acero inoxidable AISI 304). Deben permitir limpieza y desinfección manual y efectiva con productos adecuados. Deben ser fácilmente removibles. No se deben utilizar revestimientos porosos en el flujo de aire. La construcción del elemento no debe presentar rebabas del material, bordes filosos, y no deben acumular suciedad.

La selección de estos elementos debe considerar el ruido regenerado por el elemento, el cual debe estar debidamente certificado y especificado por su fabricante en tablas y gráficos. El nivel de ruido no debe ser nunca mayor que 48 dB y en algunos casos se puede especificar un nivel de ruido más bajo. Se debe tener en cuenta que éste nivel de ruido es el generado por el efecto de la velocidad del aire pasando por el elemento. Los elementos con áreas más pequeñas a las necesarias pueden generar velocidades altas de salida con el consecuente aumento del nivel de ruido.

La posición de los elementos terminales debe ser tenida en cuenta, para generar un flujo determinado en el ambiente que evite la acumulación de sustancias como gases medicinales o desinfectantes.

#### Selección de elementos terminales para flujos unidireccionales

Se toma este tipo de instalación teniendo en cuenta que, normalmente, el paciente se encuentra a una altura inferior que las demás personas que ingresen a la sala (parientes, profesionales de la salud, etc) por lo que el flujo debería seguir una dirección determinada (desde la parte superior de la sala hacia la parte inferior); además de que este tipo de instalaciones permite eliminar los gases que se acumulan a nivel del suelo con mayor facilidad (gases médicos, grandes



cantidades de oxígeno por alguna pérdida, etc). Las rejillas y difusores de suministro para este tipo de flujos se deben diseñar e instalar de manera que permitan su limpieza y desinfección internos, contruidos en materiales como acero inoxidable AISI 304 o similar para evitar desgaste por productos desinfectantes.

Se recomienda que las unidades de tratamiento de aire o el elemento ventilador encargado de mantener la presión no se desconecte nunca, pero que en los momentos de menor circulación el caudal sea reducido para reducir el consumo energético sin perder la calidad del aire.

Para habitaciones de aislados y otras áreas de la misma criticidad que precisen de filtrado HEPA H13 se deben colocar cajas terminales con filtros HEPA con difusores rotacionales<sup>17</sup> de alta inducción. Es importante que el 75% del aire extraído sea cerca del piso para no intervenir con la verticalidad de los flujos, y que el 25% restante sea en rejillas cercanas al cielorraso, una frente a la otra fuera del área de inyección para evitar que los gases más livianos que el aire no se acumulen en la parte superior de la sala.

### Persianas de regulación o cierre

Deben ser de aletas y marcos de acero galvanizado, acero inoxidable AISI 304 (o similar), o aleación de aluminio. La posición de la persiana, ya sea abierta o cerrada, debe ser visible por fuera de la misma. Las aletas deben ser opuestas, con ejes de diámetro no menor de 9.5 mm y montados sobre bujes de bronce o teflón. Las persianas de aire externo deben estar cerca de la toma de aire (aguas abajo) o de la primer etapa de filtrado (aguas arriba) y deben ser motorizadas cerrándose automáticamente ante un corte de energía.

La estanqueidad en este tipo de elemento es muy importante al ser instalada en lugares críticos como terapias intensivas o quirófanos. Las persianas estancas tienen una pérdida admisible menor o igual a 10 m<sup>3</sup>/h por cada metro cuadrado de sección de paso bruta interna para una presión de 100 Pa. Esta pérdida puede darse tanto entre las aletas como entre las aletas y la carcasa. Estas persianas deben cerrar automáticamente ante una parada del sistema y deben estar entre: sistemas de alimentación entre diferentes clases de áreas, en los límites de las áreas de la misma clase donde la separación deba asegurarse, y en los ductos de alimentación y extracción entre áreas con diferentes requerimientos de higiene.

### Cajas de volumen de aire variable

Estas cajas pueden utilizarse para controlar la temperatura y para asegurar condiciones de caudal de aire exterior. Pueden estar conectados a un sistema de control autónomo o formar parte de una red inteligente que modifica caudales de entrada y salida para mantener presiones al mismo tiempo que aumentar la eficiencia energética.

### Persianas corta fuego y corta humo

Deben ser instalados cuando hubiera compartimientos contra incendio<sup>18</sup>. Deben ubicarse en intersecciones o terminaciones donde se requiera compartimentación, en tomas de aire exterior y en todas aberturas que encierren ductos que configuren la rotura del compartimiento contra incendio vertical u horizontal. Su instalación debe ser de acuerdo a las instrucciones del fabricante,

---

<sup>17</sup> Para una mejor y más rápida dilución. El aire es mezclado con mayor rapidez, moviendo los contaminantes dentro del flujo y llevándolos al retorno.

<sup>18</sup> Áreas de un edificio separadas horizontal o verticalmente por medio de paredes, mamparas o puertas corta fuego que representan un determinado tiempo requerido de resistencia mecánica al fuego, estanqueidad y aislación térmica y que son atravesados por un conducto.

anclados a la barrera corta fuego y sellados. Deben contar con un sistema de cierre automático con sistemas de detección de humo y la reapertura debe ser manual. No se permite el control automático de reapertura.

Los actuadores deben estar dimensionados para permitir el procedimiento programado en la estrategia anti incendio y deben permitir el funcionamiento y señalización adecuados en las condiciones que puedan someterse. Para UTIs, habitaciones de infectocontagiosos e inmunosuprimidos se recomiendan sistemas autónomos e independientes para detección de humo, así como los sistemas de tratamiento de aire, evitando la interrupción de alimentación de aire en caso de alarma general pero no específica del servicio. Para sistemas de tratamiento de aire con caudal mayor o igual que 3400 m<sup>3</sup>/h el comando de desconexión deberá ser realizado exclusivamente de forma individual por equipo.

## Parte 5: requisitos de los filtros y unidades de filtrado

### Requisitos de los filtros

#### Primera etapa de filtrado

Denominados prefiltros, son ubicados aguas arriba de las serpentinas. Según ASHRAE se recomienda un filtrado mínimo de clase MERV 8 (o su clase equivalente G4). Deben ser de superficie extendida, el medio filtrante compuesto al 100% por fibras sintéticas sin pigmentación y no cancerosas que permitan el enmarcado con cartón rígido de doble pared que haga posible su manipulación, resistencia a la humedad y resistencia a condiciones de servicio severas. El espesor del marco debe ser de 25 mm como mínimo para los modelos bolsa y de 50 mm para los demás modelos. El filtro debe tener una resistencia final de, al menos, una pulgada en columna de agua de 250 Pa y soportar una temperatura máxima operativa de 60°C con dimensiones estándar. El caudal al que los filtros pueden estar sometidos dentro de la UTA no debe superar el caudal nominal especificado por el fabricante del filtro. La pérdida de carga a filtros limpios debe ser la menor posible.

#### Segunda etapa de filtrado

Se recomienda usar un mínimo de filtrado con filtros clase MERV 14 (o su equivalente F8) aunque pueden ser de mayor eficiencia. Pueden ser del tipo bolsa o mico plisados, con marco de plástico, acero galvanizado, inoxidable o de aleación de aluminio (nunca de cartón) y deben ser de gran fortaleza y resistencia a la humedad y corrosión. El medio filtrante debe ser de fibras sintéticas o poliéster (sin desprendimiento de las mismas) y con profundidades cercanas a 300 mm (pueden utilizarse profundidades mayores, pero se debe tener en cuenta que la pérdida de carga es mayor). Los filtros deben soportar temperaturas operativas máximas de 60°C y de dimensiones estándar. El caudal al que los filtros pueden estar sometidos dentro de la UTA no debe superar el caudal nominal especificado por el fabricante. La pérdida de carga a filtro limpio debe ser la menor posible, y la resistencia final máxima es la especificada por el fabricante o de una pulgada y media en columna de agua de 375 Pa.

#### Etapa final de filtrado

Los filtros terminales instalados en manejadores o los instalados en módulos terminales deben ser de eficiencia MERV 18 (o su equivalente H13) o superior. Son filtros de alta eficiencia de pliegue profundo con medio filtrante en papel de microfibra de vidrio resistente al agua y al calor, con diseño acanalado con separadores de aluminio corrugado con marcos de diferentes materiales (aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado, etc). No se permiten marcos de madera o cartón y

deben tener burletes de celda cerrada. El medio filtrante debe estar adherido al interior de los lados del marco mediante sellador garantizando la estanqueidad del conjunto. Deben soportar temperaturas de hasta 60°C y las dimensiones pueden variar cuando son utilizados en cajas terminales, flujos laminares o cabinas “bag-in bag-out”. Los modelos HEPA de mini pliegues son los más utilizados en módulos terminales deben tener un medio filtrante en papel de microfibra de vidrio, pueden tener separadores de hilo continuo termoplástico, o medio filtrante termoformado, para mantener espacio entre pliegues a fin de lograr la resistencia mínima al paso del aire con sellador de poliuretano entre medio filtrante y marco.

## Cabinas “Bag-in” “Bag-out”, gabinetes porta filtros, módulos terminales y flujos unidireccionales

### Cabinas “Bag-in” “Bag-out”

Se utilizan principalmente para mantener aislados los filtros eventualmente contaminados del ambiente en el que están, y además permitir un cambio seguro para el operador al contar con bolsas plásticas que evitan el contacto del operador con el filtro a ser cambiado. Estas unidades deben estar construidas en acero galvanizado pintado con epoxi (pueden también estar construidas en inoxidable AISI 304) con bridas de conexión resistentes de doble biselado. El soporte del filtro HEPA debe contar con dispositivos de sujeción autoajustable en los que sólo se pueda operar y apretar con la celda en correcta posición. La abertura de acceso debe ser sellada herméticamente por una bolsa de PVC con doble sello y por una tapa del mismo material de la carcasa con burlete estanco y elástico y tornillos de sujeción de seguridad.

Las unidades de filtrado de esta naturaleza deben contar con una válvula o persiana estanca en el ingreso, una etapa de transformación, una sección de pre filtros (deseable), una sección de filtros HEPA H13, una etapa de transformación de egreso y una válvula o persiana estanca en la boca de egreso.

### Cajas de filtro para intercalar en conductos

La carcasa de estas unidades de filtrado debe ser de acero galvanizado previamente aisladas. En todos los casos los filtros deben apoyar frontalmente en todo su perímetro para evitar bypass de aire sin filtrar. Para el caso de filtros HEPA, se aceptan sólo cajas en donde la extracción del filtro es frontal, y preferentemente por el lado sucio. La cantidad de filtros debe ser tal que el caudal de aire a pasar por cada filtro no exceda su caudal máximo.

Para la medición de ensuciamiento se recomienda la colocación de transductores de presión diferencial con display (uno por cada etapa de filtrado).

### Cajas para filtros terminales

Las cajas terminales para filtro H13 o superior son usadas en locales críticos que no precisen flujo unidireccional pero sí necesitan la calidad de aire filtrado con H13 para limpiar el ambiente. Su construcción debe asegurar su estanqueidad y las superficies deben ser lisas, no corrosibles y de fácil limpieza. Las cajas deben tener un elemento de conexión que permita inyectar aguas arriba el aerosol para realizar la medición de fuga/estanqueidad del filtro. Cada módulo debe contar con una persiana de regulación propia.

## Anexo 2<sup>19</sup>

### Cálculo de cargas térmicas

#### Cargas térmicas sensibles:

Por cerramientos opacos:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t$$

Siendo:

Q: carga térmica por transmisión (W)

U: transmitancia térmica del muro (W/m<sup>2</sup>°C)

A: superficie del muro expuesto a la diferencia de temperatura (m<sup>2</sup>)

$\Delta t$ : diferencia de temperaturas, corregida según la orientación del muro y su peso según el manual de aire acondicionado de Carrier.

Por cerramientos traslúcidos:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t$$

Siendo:

Q: carga térmica por transmisión (W)

U: transmitancia térmica del cerramiento (W/m<sup>2</sup>°C)

A: superficie del cerramiento expuesto a la diferencia de temperatura (m<sup>2</sup>)

$\Delta t$ : diferencia de temperaturas entre las caras interna y externa del cerramiento (°C)

Por radiación solar:

$$Q = S \cdot R \cdot f$$

Siendo:

Q: carga térmica por radiación solar (W)

S: superficie traslúcida expuesta a la radiación (m<sup>2</sup>)

R: radiación solar que atraviesa un vidrio sencillo, tabulada para cada latitud. (W/m<sup>2</sup>)

f: factores de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio, efecto de sombras, etc... (°C). (Los más habituales son el de marco metálico f=1.17, y el factor solar del vidrio que los fabricantes indican en sus fichas técnicas como "g")

Por ventilación o infiltración de aire exterior:

$$Q = \dot{V} \cdot 0,34 \cdot \Delta t$$

Siendo:

Q: carga térmica por ventilación o infiltración (W)

$\dot{V}$ : caudal de aire infiltrado o de ventilación (m<sup>3</sup>/h)

0,34: calor específico del aire en base al volumen. (Wh/m<sup>3</sup>°C)

$\Delta t$ : diferencia de temperatura entre el ambiente exterior e interior (°C)

---

<sup>19</sup> Fuente: Manual carrier

Por ocupación del local:

Esta carga se determina multiplicando una valoración del calor sensible emitido por la persona tipo, por el número de ocupantes previstos para el local. La cantidad de calor emitido por persona se obtiene de la siguiente tabla, en W por ocupante.

| Grado de actividad                | Temperatura seca del local |         |          |         |          |         |
|-----------------------------------|----------------------------|---------|----------|---------|----------|---------|
|                                   | 26°C                       |         | 24°C     |         | 21°C     |         |
|                                   | W                          |         | W        |         | W        |         |
|                                   | Sensible                   | Latente | Sensible | Latente | Sensible | Latente |
| Sentados, en reposo               | 61                         | 41      | 67       | 35      | 75       | 27      |
| Sentados, trabajo muy ligero      | 63                         | 53      | 70       | 46      | 79       | 37      |
| Empleado de oficina               | 63                         | 68      | 71       | 60      | 82       | 49      |
| De pie, marcha lenta              | 63                         | 68      | 71       | 60      | 82       | 49      |
| Sentado, de pie                   | 64                         | 82      | 74       | 72      | 85       | 61      |
| Sentado, restaurante              | 71                         | 90      | 82       | 79      | 94       | 67      |
| Trabajo ligero en banco de taller | 72                         | 147     | 86       | 133     | 107      | 113     |
| Baile o danza                     | 80                         | 168     | 95       | 153     | 117      | 131     |
| Marcha, 5 km/h                    | 96                         | 196     | 111      | 181     | 135      | 158     |
| Trabajo penoso                    | 142                        | 282     | 153      | 270     | 176      | 247     |

Tabla 6: cargas sensibles y latentes por ocupación del local

Por iluminación del local:

Se considerará que la potencia íntegra de la lámpara se transformará en calor sensible; en el caso de las lámparas de descarga (fluorescentes) se incrementará el valor obtenido en un 25% para tener en cuenta el cebador y el balasto.

Lámparas incandescentes o LED:

Carga por iluminación incandescente:

$$Q = Pot(W)$$

Lámparas de descarga:

$$Q = Pot(W) * 1.25$$

Donde:

Q: carga térmica por iluminación (W).

Pot: potencia de las lámparas (W).

Por las máquinas presentes en el local:

Se considerará que las pérdidas de la maquinaria se transforman íntegramente en calor sensible:

$$Q = Pot * (1 - \eta)$$

Donde:

Q: carga térmica por maquinaria (W)

$\eta$ : rendimiento de la máquina, en el caso de dispositivos electrónicos puede considerarse cero. En motores, transformadores y maquinaria en general habrá que determinarlo a partir de la documentación del equipo.

Pot: potencia de la maquinaria (W)

## Cargas térmicas latentes:

Por ventilación o infiltración de aire exterior:

$$Q = \dot{V} \cdot 0,63 \cdot \Delta w$$

Siendo:

Q: carga térmica por ventilación o infiltración (W)

$\dot{V}$ : caudal de aire infiltrado o de ventilación ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

0,63: producto de la densidad estándar del aire por el calor latente de vaporización del agua. ( $\text{Wh}/\text{m}^3\text{C}$ )



$\Delta w$ : diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior ( $^{\circ}\text{C}$ )


Por ocupación del local:

Esta carga se determina multiplicando una valoración del calor latente emitido por la persona tipo por el número de ocupantes previstos para el local. La cantidad de calor emitido por persona se obtiene de la tabla que aparece en el apartado donde se describe la Carga sensible por ocupación del local.

## Anexo 3

### Fichas técnicas Filtros MERV 8, 14 y 18 (HEPA)

|  |                         |  |  |
|--|-------------------------|--|--|
|   |                         | <h1>FICHA TÉCNICA</h1>   | ACTUALIZADO:<br>2021<br>VERSIÓN:<br>2017 |
| <b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b>   | FILTROS PLEGADO MERV 14 |  |  |
| <b>MARCA</b>   | EP®                     |  |  |
| <b>FOTO DEL PRODUCTO:</b>  |                         | <b>DESCRIPCIÓN:</b>  |  |
|    |                         | El filtro plegado está fabricado con fibras sintéticas 100% sintético de poliéster con diseño de pliegues en V que ayuda a la caída de presión al tiempo que reduce el costo de energía, permitiendo el flujo de aire máximo y la capacidad de retención de polvo (DHC - Dust Holding Capacity) durante la vida útil del filtro, fabricados en marco de cartón y metálicos capaz de remover muchos de los contaminantes asociados a los requerimientos de calidad de aire ambiental.   |  |
| <b>ESPECIFICACIONES:</b>   |                         |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Marco</li> <li>▪ Tipo de medio</li> <li>▪ Eficiencia</li> <li>▪ Límites operativos</li> <li>▪ Operatividad</li> </ul>   |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cartón, Metal</li> <li>▪ Fibra Sintética</li> <li>▪ FB (90% - 95%)</li> <li>▪ 180°F (82°C) y 100% HR (humedad relativa)</li> <li>▪ Se recomienda que operen a 300 FPM (Pies por minuto). Dado que la eficiencia es mayor, existe la posibilidad de una caída de presión alta y una coagulación rápida en los filtros cuando se opera a 500 FPM</li> <li>▪ De 9 mm (Rango 8.75 a 9.5 mm)</li> <li>▪ Medio filtrante importado con soporte de malla expandida GI en forma de rombo</li> <li>▪ EN779 Class</li> <li>▪ 1", 2", 4", etc.</li> <li>▪ EP®</li> </ul> |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carga</li> <li>▪ Material de respaldo del medio filtrante</li> <li>▪ Medio filtrante bajo la norma</li> <li>▪ Profundidad de filtro</li> <li>▪ Marca</li> </ul> |                         |  |  |
| <b>PRINCIPALES APLICACIONES:</b>   |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aire acondicionado</li> <li>▪ Edificios comerciales</li> <li>▪ Alimentos y bebidas</li> <li>▪ Cuidado de la salud</li> <li>▪ Hospitalidad</li> <li>▪ Microelectrónica</li> <li>▪ Escuelas y universidades</li> </ul>  |  |

|  |   |                      |  |
|--|---|----------------------|--|
|  |   | <b>FICHA TÉCNICA</b> | <b>ACTUALIZADO:</b><br>2021<br><br><b>VERSIÓN:</b><br>2017 |
| <b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b>   | FILTROS PLISADO MERV 8  |                      |  |
| <b>MARCA</b>   | EP®   |                      |  |
| <b>FOTO DEL PRODUCTO:</b>  | <b>DESCRIPCIÓN:</b>   |                      |  |
|   | <p>El filtro plisado está fabricado con fibras sintéticas 100% sintético de poliéster con diseño de pliegues en V que ayuda a la caída de presión al tiempo que reduce el costo de energía, permitiendo el flujo de aire máximo y la capacidad de retención de polvo (DHC - Dust Holding Capacity) durante la vida útil del filtro, fabricados en marco de cartón y metálicos capaz de remover muchos de los contaminantes asociados a los requerimientos de calidad de aire ambiental.</p> |                      |  |
| <b>ESPECIFICACIONES:</b>   |   |                      |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco</li> <li>• Tipo de medio</li> <li>• Eficiencia</li> <li>• Permeabilidad de aire</li> <br/> <li>• Material de respaldo del medio filtrante</li> <li>• Medio filtrante bajo la norma</li> <li>• Profundidad de filtro</li> <li>• Límites operativos</li> <li>• Marca</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartón, Metal</li> <li>• Fibra Sintética</li> <li>• G4 (30% - 35%)</li> <li>• 3.65 m<sup>3</sup> de aire/seg por m<sup>2</sup><br/>Rango de 3.60 a 3.72 m<sup>3</sup> de aire/seg por m<sup>2</sup></li> <li>• Medio filtrante importado con soporte de malla expandida GI en forma de rombo</li> <li>• EN779 Class</li> <li>• 1", 2", 4", etc.</li> <li>• 180°F (82°C) y 100% HR (humedad relativa)</li> <li>• EP®</li> </ul>                     |                      |  |
| <b>PRINCIPALES APLICACIONES:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire acondicionadas</li> <li>• Edificios comerciales</li> <li>• Alimentos y bebidas</li> <li>• Cuidado de la salud</li> <li>• Hospitalidad</li> <li>• Microelectrónica</li> <li>• Escuelas y universidades</li> </ul>  |                      |  |





## EPA/HEPA/ULPA filter



### Deep pleated filter with separator(HEPA)

#### Structure:

| Frame   | Filter Media       | Separator          | Sealant           | Gasket       | Safe guard                          |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------------------------|
| Aluminum/<br>Galvanised<br>steel/Stainless<br>steel | Fine<br>glassfiber | Aluminum/<br>Paper | Polyure-<br>thane | EVA/<br>EPDM | Powderco-<br>ated expanded<br>metal |

#### Feature:

- Large surface area and high dust holding capacity
- Sturdy and moisture resistant construction, long life
- Single header, double header and no headers models
- Each filter element is tested for leakproofing before market release

#### Applications:

- Ceiling outlets and modules for flexible cleanroom systems
- Highly sensitive industrial processes(pharmaceuticals, biotechnology, chemicals, food and beverages, optics, micro-electronics, etc.)
- Sophisticated air-conditioning applications (operating theaters/intensive care units in hospitals and medical institutes, pharmacies, sterile rooms, labs, research centers, etc.)

#### Technical data:

- H11/H13/H14 EN779; DOP 99%, 99.99%, 99.999%@ 0.3micron
- Final pressure drop: 2-3 times initial pressure drop
- DIN 53438 Flammability: F1
- UL 900 Standard: Class 2
- Max Airflow rate: 125% of nominal air flow rate
- Thermal Stability:80 °C
- Humidity: 100% RH

#### Sample data:

| Type          | W*H*D(mm)    | Filter Class | Filter Area(m <sup>2</sup> ) | Airflow(CMH) | Initial Pressure Drop(Pa) |
|---------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|---------------------------|
| Box           | 610*610*150  | H10          | 8                            | 1500         | 200                       |
|               | 610*610*150  | H13          | 8                            | 1000         | 250                       |
|               | 610*610*150  | H13          | 10.2                         | 1500         | 250                       |
|               | 305*610*292  | H10          | 7.9                          | 1500         | 200                       |
|               | 610*610*292  | H13          | 16                           | 2000         | 250                       |
|               | 610*610*292  | H13          | 20.5                         | 3000         | 250                       |
|               | 915*610*292  | H14          | 20.7                         | 3000         | 280                       |
|               | 915*610*292  | H14          | 35.17                        | 5000         | 380                       |
|               | 1220*610*292 | H14          | 28                           | 4000         | 280                       |
|               | 1220*610*292 | H14          | 46.8                         | 6660         | 380                       |
| Single header | 592*592*292  | H10          | 14.5                         | 3400         | 237                       |
|               | 287*592*292  | H10          | 6.69                         | 1700         | 237                       |

## Anexo 4

### Ficha Técnica unidad manejadora de Aire

**TROX® TECHNIK**  
The art of handling air

UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE

**TKZ** evolution





**CARACTERÍSTICAS**

- Línea compacta, liviana, limpia, estanca y de Eficiencia Energética.
- Unidades configuradas mediante soft Smart Flow Designer para TKZ-Evolution, que facilita la construcción y fabricación de los equipos de una manera rápida y eficaz.
- Construcción modular y autoportante, minimizando uniones internas (acumulación de bacterias).
- Nueva perfilera de cierre, para una mejora estética exterior y rigidez estructural de la unidad.
- Puertas de acceso con bisagras, manijas y visor.
- Iluminación con artefactos led.
- Construcción con panel tipo sándwich de chapa-aislación inyectada-chapa con PU 45 mm espesor.
- Interior totalmente lavable.
- Ventiladores Plenum Fan, Plug Fan, DADE y SASE autolimitantes para elevada presión estática y mayor eficiencia (IE3, EC), según corresponda.
- Intercambiadores de calor: Agua, Vapor, Refrigerante, Resistencias Eléctricas, Quemadores de llama directa e indirecta.
- Bandeja de recolección de condensado construida en Acero Inoxidable.

**NIVELES DE FILTRADO**  
 Grueso, Medio, Antimicrobiano,  
 Alta Eficiencia, Carbón Activado.  
 Absolutos H13  
 y Absolutos H14.

**SMART FLOW DESIGNER**

**APLICACIONES DEL MODELO TKZ**



**TROX® TECHNIK**  
 The art of handling air

**TROX ARGENTINA S.A.**  
 Timbó 2610 (B1852) Parque Industrial Burzaco  
 Pcia. de Buenos Aires, Argentina

Tel: +54 (11) 4233-5676  
 trox@trox.com.ar  
 www.trox.com.ar