

# Universidad Nacional de Ingeniería

## Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS

**Diseño de un sistema HVAC para un laboratorio farmacéutico y asegurar las condiciones ambientales con normas DIGEMID e ISO**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico.

Elaborado por

Anthony Le Naupari Siu

 [0009-0001-5354-3661](https://orcid.org/0009-0001-5354-3661)

Asesor

MSc. Roberto Antenor Baldeon Icochea

 [0009-0006-7149-9031](https://orcid.org/0009-0006-7149-9031)

LIMA – PERÚ

2025

### ***Dedicatoria***

*A mi madre Silvia, por ser mi guía, mi fuerza y mi refugio. Tus palabras, tus abrazos y tu fe inquebrantable en mí me han sostenido incluso en los días más difíciles.*

*A mi padre Oswaldo, por ser ejemplo de lucha, esfuerzo y determinación. Tus silencios sabios y tu apoyo constante han sido la base sobre la que he construido este sueño.*

*A mi familia, por ser el hogar que me sostiene y el lugar al que siempre quiero volver. Cada palabra y cada muestra de cariño me ha impulsado a llegar hasta aquí.*

*Con todo mi amor y gratitud.*

## **Agradecimientos**

Expresar mi gratitud a Dios, por siempre bendecir mi vida y a toda mi familia.

De igual manera mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Ingeniería, a toda la facultad de Ingeniería Mecánica, quienes me enseñaron sus valiosos conocimientos y me hicieron crecer día a día como profesional.

Un agradecimiento también para el ingeniero Jorge Cáceres, por sus grandes enseñanzas y por su apoyo en todo este proceso.

Asimismo, a mi asesor por su paciencia y apoyo.

## **Resumen**

El presente estudio tiene como finalidad calcular y dimensionar todos los componentes que integran un sistema de climatización, conforme a las directrices establecidas por la International Organization for Standardization (ISO). Asimismo, se busca garantizar el cumplimiento de las normativas emitidas por la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

El presente proyecto se llevó a cabo en un laboratorio farmacéutico, específicamente en el área de fabricación. Para la selección de los equipos, como la Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) y otros componentes del sistema HVAC, se consideraron diversos factores, entre ellos: el cálculo de las cargas térmicas, la transferencia de calor a través de las paredes y el techo, el calor generado por los equipos, el número de personas que laborarán en el área, así como los parámetros psicrométricos correspondientes a las condiciones interiores y exteriores de la sala.

Palabras clave: BPM, climatización, carga térmica, transferencia de calor, convección, conductividad térmica.

## **Abstract**

The purpose of this study is to calculate and size all the components that comprise a climate control system, in accordance with the guidelines established by the International Organization for Standardization (ISO). Additionally, it aims to ensure compliance with the regulations issued by the General Directorate of Medicines, Supplies, and Drugs (DIGEMID) and Good Manufacturing Practices (GMP).

This project was carried out in a pharmaceutical laboratory, specifically in the manufacturing area. For the selection of equipment, such as the Air Handling Unit (AHU) and other components of the HVAC system, various factors were considered, including the calculation of thermal loads, heat transfer through walls and ceiling, heat dissipated by the equipment, the number of personnel working in the area, and the psychrometric parameters corresponding to the interior and exterior conditions of the room.

Keywords: BPM, air conditioning, thermal load, heat transfer, convection, thermal conductivity.

## INDICE GENERAL

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Resumen .....                                                            | iv  |
| Abstract .....                                                           | v   |
| Introducción .....                                                       | xiv |
| 1.      CAPÍTULO I. GENERALIDADES .....                                  | 1   |
| 1.1     Antecedentes de la Investigación.....                            | 1   |
| 1.2     Identificación y Descripción del problema de investigación ..... | 3   |
| 1.3     Formulación del problema.....                                    | 4   |
| 1.3.1   Problema principal .....                                         | 4   |
| 1.3.2   Problema específico.....                                         | 4   |
| 1.4     Justificación e Importancia.....                                 | 4   |
| 1.5     Objetivos.....                                                   | 5   |
| 1.5.1   Objetivo general.....                                            | 5   |
| 1.5.2   Objetivos específicos .....                                      | 6   |
| 1.6     Hipótesis.....                                                   | 6   |
| 1.6.1   Hipótesis general .....                                          | 6   |
| 1.6.2   Hipótesis Específicas.....                                       | 6   |
| 1.7     Variables y Operacionalización de variables.....                 | 7   |
| 1.7.1   Operacionalización de variables .....                            | 8   |
| 1.8     Metodología de la Investigación.....                             | 8   |
| 1.8.1   Unidad de Análisis .....                                         | 8   |
| 1.8.2   Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación .....                     | 8   |
| 1.8.3   Diseño de la investigación .....                                 | 9   |
| 1.8.4   Fuentes de información .....                                     | 9   |

|        |                                                              |    |
|--------|--------------------------------------------------------------|----|
| 1.8.5  | Población y muestra .....                                    | 9  |
| 1.8.6  | Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....         | 10 |
| 1.8.7  | Análisis y Procesamiento de Datos.....                       | 10 |
| 2.     | CAPÍTULO II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL .....                | 11 |
| 2.1    | Bases teóricas. ....                                         | 11 |
| 2.1.1  | Conceptos termodinámicos.....                                | 11 |
| 2.1.2  | Primera ley de la termodinámica.....                         | 11 |
| 2.1.3  | Transferencia de calor .....                                 | 12 |
| 2.1.4  | Conducción de calor .....                                    | 13 |
| 2.1.5  | Convección .....                                             | 14 |
| 2.1.6  | Radiación.....                                               | 15 |
| 2.1.7  | Modelos de transferencias de calor combinados .....          | 16 |
| 2.1.8  | Modelos de transferencias de calor combinados .....          | 17 |
| 2.1.9  | Convección y conducción en serie .....                       | 18 |
| 2.1.10 | Coeficiente global de transferencia de calor .....           | 19 |
| 2.2    | Marco conceptual .....                                       | 20 |
| 2.2.1  | Propiedades del aire .....                                   | 20 |
| 2.2.2  | Estimación de la carga de acondicionamiento de la sala ..... | 22 |
| 2.2.3  | Psicometría.....                                             | 24 |
| 2.2.4  | Filtros.....                                                 | 29 |
| 2.2.5  | Normativa vigente y procedimientos .....                     | 33 |
| 2.2.6  | Dimensionamiento de ductos.....                              | 36 |
| 2.2.7  | Cálculo de caída de presión.....                             | 38 |
| 3.     | CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION .....  | 43 |
| 3.1    | Condiciones geográficas del lugar .....                      | 43 |

|       |                                                                                     |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2   | Condiciones interiores .....                                                        | 43 |
| 3.3   | Condiciones generales .....                                                         | 45 |
| 3.4   | Cálculo de la radiación solar .....                                                 | 46 |
| 3.5   | Determinación del día de mayor aportación solar .....                               | 48 |
| 3.6   | Cálculo de cargas térmicas totales .....                                            | 52 |
| 3.6.1 | Calor por conducción a través de paredes interiores .....                           | 52 |
| 3.6.2 | Calor por personas .....                                                            | 53 |
| 3.6.3 | Calor por iluminación .....                                                         | 53 |
| 3.6.4 | Calor por equipo .....                                                              | 53 |
| 3.6.5 | Calor en salas.....                                                                 | 63 |
| 3.7   | Separación de ambientes por manejadoras.....                                        | 65 |
| 3.8   | Cálculos de los flujos de aire por área .....                                       | 66 |
| 3.9   | Cálculos de las capacidades de equipos de aire acondicionado .....                  | 68 |
| 3.10  | Cálculo de las pérdidas por presión .....                                           | 79 |
| 4.    | CAPÍTULO VI. RESULTADOS, CONTRATACION DE HIPOTESIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....  | 82 |
| 4.1   | Cálculo de cargas .....                                                             | 82 |
| 4.2   | Dimensionamiento de los ductos .....                                                | 82 |
| 4.3   | Dimensionamiento de equipo de refrigeración con respecto a las pérdidas .....       | 84 |
| 4.4   | Cálculo de los equipos de refrigeración .....                                       | 85 |
| 4.5   | Selección de los equipos de refrigeración.....                                      | 85 |
| 4.6   | Selección de difusores y rejillas .....                                             | 87 |
| 4.7   | Diseño e instalación de equipos de aire acondicionado .....                         | 89 |
| 4.8   | Presupuesto referencial de la instalación de las unidades manejadoras de aire ..... | 95 |
|       | Conclusiones .....                                                                  | 98 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Recomendaciones .....            | 100 |
| Referencias bibliográficas ..... | 101 |
| Anexos .....                     | 103 |

## Lista de Figuras

|           |                                                                                         |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1  | Primera ley de la termodinámica.....                                                    | 11 |
| Figura 2  | Procesos con igual cambio de estado.....                                                | 12 |
| Figura 3  | Convención de signos para el flujo de calor por la conducción .....                     | 13 |
| Figura 4  | Perfil de celeridad y temperatura en el proceso por convección de placa calentada ..... | 14 |
| Figura 5  | Distribución de Celeridad y temperatura por convección natural en placa inclinada ..... | 15 |
| Figura 6  | Proceso de radiación .....                                                              | 16 |
| Figura 7  | Modos de transferencia de calor .....                                                   | 17 |
| Figura 8  | Modos de transferencia de calor .....                                                   | 18 |
| Figura 9  | Circuito térmico con convección y conducción en serie .....                             | 19 |
| Figura 10 | Esquema de una sección de un intercambiador de calor de aeronave.....                   | 20 |
| Figura 11 | Diagrama de acondicionamiento de ambiente .....                                         | 23 |
| Figura 12 | Elaboración de la carta psicométrica .....                                              | 26 |
| Figura 13 | Variaciones de calor latente.....                                                       | 28 |
| Figura 14 | Variación de calor latente y calor sensible .....                                       | 28 |
| Figura 15 | Clases ISO de limpieza del aire mediante la concentración de partículas.....            | 35 |
| Figura 16 | Test de fugas.....                                                                      | 36 |
| Figura 17 | Método de Recuperación estática.....                                                    | 37 |
| Figura 18 | Métodos de diseño de ductos .....                                                       | 38 |
| Figura 19 | Pérdida de presión.....                                                                 | 39 |
| Figura 20 | Presiones de velocidad .....                                                            | 40 |
| Figura 21 | Ecuación del aire .....                                                                 | 40 |
| Figura 22 | Accesorios .....                                                                        | 41 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Figura 23 Condiciones de sala limpias.....                     | 44 |
| Figura 24 Modelo de análisis de disipación de calor .....      | 54 |
| Figura 25 Modelo de toma de datos de temperatura.....          | 55 |
| Figura 26 Modelo de toma de datos de temperatura por cara..... | 55 |
| Figura 27 Resumen de flujos de aire por área .....             | 67 |
| Figura 28 Carta psicométrica UMA01 .....                       | 69 |
| Figura 29 Carta psicométrica UMA02 .....                       | 71 |
| Figura 30 Carta psicométrica UMA03 .....                       | 73 |
| Figura 31 Carta psicométrica UMA04 .....                       | 75 |
| Figura 32 Carta psicométrica UMA05 .....                       | 77 |
| Figura 33 Caídas de presión UMA#1 .....                        | 79 |
| Figura 34 Carta de control de ruido ASHRAE .....               | 83 |
| Figura 35 Carta de velocidades según NC ASHRAE .....           | 84 |
| Figura 36 Tabla de elementos terminales de aire .....          | 87 |
| Figura 37 Datos de rendimiento Difusor radial .....            | 88 |
| Figura 38 Datos de rendimiento Difusor radial .....            | 89 |
| Figura 39 P&ID UMA1 .....                                      | 90 |
| Figura 40 P&ID UMA2 .....                                      | 91 |
| Figura 41 P&ID UMA3 .....                                      | 92 |
| Figura 42 P&ID UMA4 .....                                      | 93 |
| Figura 43 P&ID UMA5 .....                                      | 94 |

## Lista de Tablas

|          |                                                                              |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1  | Variable independiente .....                                                 | 7  |
| Tabla 2  | Operacionalización de variables .....                                        | 8  |
| Tabla 3  | Comparación EN779 – ISO 16890 para la clasificación de filtros de aire ..... | 30 |
| Tabla 4  | Tabla de clasificación de filtros según la norma EN 779 .....                | 31 |
| Tabla 5  | Tabla de clasificación de filtros según la norma EN 1822 .....               | 32 |
| Tabla 6  | Condiciones ambientales exteriores.....                                      | 43 |
| Tabla 7  | Listado de salas a climatizar .....                                          | 44 |
| Tabla 8  | Tabla de coeficientes globales.....                                          | 46 |
| Tabla 9  | Aportación solar .....                                                       | 48 |
| Tabla 10 | Interpolación de temperatura equivalente (DTE).....                          | 49 |
| Tabla 11 | Cálculo de radiación solar (Oeste) .....                                     | 50 |
| Tabla 12 | Resumen de constantes “K”.....                                               | 52 |
| Tabla 13 | Lista de equipos.....                                                        | 53 |
| Tabla 14 | Cara 1. Toma de muestras de temperatura .....                                | 56 |
| Tabla 15 | Cara 2. Toma de muestras de temperatura .....                                | 56 |
| Tabla 16 | Cara 3. Toma de muestras de temperatura .....                                | 57 |
| Tabla 17 | Cara 4. Toma de muestras de temperatura .....                                | 57 |
| Tabla 18 | Cara 5. Toma de muestras de temperatura .....                                | 58 |
| Tabla 19 | Cara 6. Toma de muestras de temperatura .....                                | 58 |
| Tabla 20 | Dimensiones de los equipos .....                                             | 59 |
| Tabla 21 | Áreas de las caras de los equipos .....                                      | 59 |
| Tabla 22 | Diferencias de temperaturas. Cara 1.....                                     | 60 |
| Tabla 23 | Diferencias de temperaturas. Cara 2.....                                     | 60 |

|          |                                                     |    |
|----------|-----------------------------------------------------|----|
| Tabla 24 | Diferencias de temperaturas. Cara 3.....            | 61 |
| Tabla 25 | Diferencias de temperaturas. Cara 4.....            | 61 |
| Tabla 26 | Diferencias de temperaturas. Cara 5.....            | 62 |
| Tabla 27 | Diferencias de temperaturas. Cara 6.....            | 62 |
| Tabla 28 | Calor dispersado de los equipos por cada cara. .... | 63 |
| Tabla 29 | Resumen de esclusas y cálculos .....                | 63 |
| Tabla 30 | Agrupaciones de salas.....                          | 65 |
| Tabla 31 | Valores de la carta psicométrica .....              | 70 |
| Tabla 32 | Valores de la carta psicométrica .....              | 72 |
| Tabla 33 | Valores de la carta psicométrica .....              | 74 |
| Tabla 34 | Valores de la carta psicométrica .....              | 76 |
| Tabla 35 | Valores de la carta psicométrica .....              | 78 |
| Tabla 36 | Perdida de presión.....                             | 80 |
| Tabla 37 | Caudal de aire y carga térmica por UMAS .....       | 84 |
| Tabla 38 | Caudal de aire y carga térmica por UMAS .....       | 85 |
| Tabla 39 | Presupuesto referencial .....                       | 95 |

## Introducción

La calidad y la precisión son esenciales en la investigación y producción farmacéutica. El entorno en el que se desarrollan y almacenan los productos farmacéuticos, desde los medicamentos hasta los componentes más delicados, juega un papel importante en garantizar su integridad. En este contexto, el diseño e implementación de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) son extremadamente importantes para mantener las condiciones ideales dentro de los laboratorios farmacéuticos.

Este trabajo monográfico aborda el complejo proceso de cálculo y diseño de un sistema HVAC diseñado para satisfacer las demandas de un laboratorio farmacéutico. Cada aspecto del entorno de trabajo debe ser meticulosamente planificado y ejecutado para garantizar la seguridad y la eficacia de los productos farmacéuticos, desde la regulación de la temperatura y la humedad hasta el control de la contaminación microbiológica.

Estas páginas discutirán los desafíos únicos que enfrentan los ingenieros y diseñadores al diseñar sistemas HVAC para laboratorios farmacéuticos. También discutirán las estrategias y metodologías que se utilizaron para abordar estos desafíos. Cada paso del proceso de diseño es esencial para mantener los estándares de calidad y cumplir con las regulaciones estrictas que rigen la industria farmacéutica, desde la evaluación de la carga térmica hasta la selección de equipos.

Al estudiar este tema, no solo mejoramos nuestra comprensión de la ingeniería HVAC, sino que también comprendemos cómo afecta directamente a la salud pública y la seguridad de los pacientes. Un sistema HVAC bien diseñado y eficiente no solo garantiza la integridad de los productos farmacéuticos, sino que también contribuye al avance continuo de la medicina y la atención médica en todo el mundo.

# 1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES

## 1.1 Antecedentes de la Investigación

Como antecedente se tuvo la tesis de Almonacid, G. (2018) “Propuesta de un sistema HVAC para área de cremas en el laboratorio farmacéutico Eurofarma Colombia” que tuvo como inscripción problemática se requiere nuevo sistema HVAC en el área de cremas de Eurofarma Colombia, con el propósito de satisfacer los criterios establecidos en el informe 45 de la OMS, como objetivo principal desarrollar todos los planes de gestión de proyectos para la Implementación de un sistema HVAC en el área de cremas del laboratorio farmacéutico Eurofarma Colombia, dicho diseño e implementación deben cumplir con todos los requerimientos establecidos en el informe 45 de la Organización Mundial de la Salud aplicando todas las características técnicas, regulatorias y de calidad, con el fin de obtener la certificación y aval de manufactura por el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA) y la agencia nacional brasilera de vigilancia sanitaria (ANVISA) y como resultado se nivelaron aspectos generales para el soporte fundamentado en la gestión de proyectos basados en la metodología PMI y se consolidaron conocimientos adquiridos durante el avance de la especialización los cuales nos permite planificar, administrar, controlar y llevar a la práctica un proyecto y Se establecieron planes para garantizar la calidad en la ejecución, instalación y puesta en marcha del sistema HVAC (ventilación mecánica y aire acondicionado).

También se revisó en el trabajo de Aldazábal L. (2022) cuyo título es “Diseño del sistema de climatización del área de fabricación galénicos para laboratorio farmacéutico” que tuvo como problemática debido a que la climatización en el sector farmacéutico es de vital importancia y no solo por el confort del personal que trabaja en producción sino también por los productos a fabricar, ya que al no contar con una adecuada climatización podrían sufrir alguna contaminación. donde determinaron la influencia de dimensionar y calcular los elementos que constituyen un modelo de climatización en el diseño del sistema

a Sala Limpia clase ISO 8, para el Laboratorio Farmacéutico área de producción de galénicos y como resultado se obtuvo la selección y cálculo de equipamientos de inyección y extracción de aire para las áreas clasificadas se logró controlar la diferencia de presiones para proteger a las áreas clasificadas. Se obtuvo una temperatura entre 22°C y 23°C, con una humedad relativa mayor a 58% y, además, se obtuvo caudales de extracción a partir de las presiones diferenciales que nos piden la norma ISO 14644-4, así se obtuvo un área protegida con respecto a una posible contaminación cruzada, como el ejemplo que se obtuvo 1381 CFM de extracción con una presión diferencial de 9,9 Pa.

Además, en el trabajo de Morales G. (2021) cuyo título es “Diseño de un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica para un laboratorio farmacéutico” la cual tuvo como inscripción problemática la regulación de la temperatura en las áreas de producción no es el único factor vital en la elaboración de fármacos, el control de la humedad, presiones e inocuidad de sus productos están vinculadas entre sí para poder cumplir con las normas y estándares tanto nacionales como internacionales. La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA, 2007) provee un listado con los laboratorios farmacéuticos certificados a nivel nacional que cumplen con las normas, estándares y buenas prácticas de manufactura, sin embargo, dicha aprobación no implica que estos laboratorios cuenten con un nivel de eficiencia energética adecuado en donde se diseña un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica para un laboratorio farmacéutico mediante la aplicación de normas y estándares de ingeniería a fin de contar con un ambiente seguro y eficiente, y como resultado se obtuvo que la propuesta de diseño del sistema VRF-UMA con extracciones localizadas fue la adecuada ya que al ser una aplicación farmacéutica se requieren altas tasas de aire fresco y de renovación para la dilución de contaminantes, esto se logró con la aplicación de estándares de calidad de aire y clasificación de salas limpias descritos por la ASHRAE y la ISO-14644-1. De esta manera se puede garantizar la inocuidad y calidad del producto tal como lo exige la normativa ecuatoriana.

## **1.2 Identificación y Descripción del problema de investigación**

En la industria farmacéutica, el cumplimiento de condiciones ambientales específicas es fundamental para garantizar la calidad, seguridad e inocuidad de los productos fabricados. Las áreas de producción deben mantenerse bajo estrictos controles de temperatura, humedad, presión diferencial y pureza del aire, conforme a las disposiciones establecidas por entidades regulatorias como la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID), las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), y la norma internacional ISO 14644-1:2016, que regula la clasificación de salas limpias y ambientes controlados.

Actualmente, el laboratorio farmacéutico objeto de estudio se encuentra en proceso de ampliación de su área de sólidos normales, lo cual requiere la implementación de un sistema HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) que asegure un ambiente controlado, acorde con las exigencias normativas. Sin embargo, no se cuenta aún con un diseño técnico que permita garantizar el cumplimiento efectivo de estos parámetros críticos, generando un riesgo potencial en la calidad del proceso de fabricación y dificultando la obtención de licencias y permisos sanitarios para operar.

Ante esta situación, se plantea la necesidad de diseñar un sistema de climatización y ventilación mecánica que contemple la correcta selección de equipos, cálculo de cargas térmicas, dimensionamiento de ductos y elección de filtros, de modo que se aseguren condiciones ambientales óptimas, sostenibles y reguladas para la producción farmacéutica. Esta problemática no solo afecta al cumplimiento normativo, sino que también compromete la seguridad de los productos, la eficiencia operativa y la proyección futura del laboratorio.

El presente estudio busca atender esta necesidad mediante un enfoque técnico-normativo, proponiendo un diseño integral que cumpla con las regulaciones nacionales e internacionales vigentes, y que pueda servir como modelo replicable en otras instalaciones de características similares dentro del sector salud.

### **1.3 Formulación del problema**

#### **1.3.1 Problema principal**

El principal desafío identificado es el diseño de un sistema de HVAC para una nueva área con mayor capacidad, que cumpla con las normativas nacionales establecidas por DIGEMID, a fin de garantizar la obtención de los permisos necesarios para una producción adecuada de medicamentos.

#### **1.3.2 Problema específico**

El sistema de HVAC debe ser capaz de controlar con precisión variables críticas como la temperatura, humedad, presión, flujos de aire e inocuidad de los productos farmacéuticos. Asimismo, se considera que este proyecto puede ser escalable y replicable en otras edificaciones con características similares, tales como laboratorios farmacéuticos, laboratorios clínicos, centros de diagnóstico por imágenes y consultorios médicos.

### **1.4 Justificación e Importancia**

El diseño adecuado de un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica (HVAC) en áreas de producción farmacéutica constituye un requisito indispensable para garantizar la calidad, seguridad y eficacia de los medicamentos fabricados. En el presente estudio, se ha identificado la necesidad de implementar un sistema HVAC en el área de sólidos normales de un laboratorio farmacéutico, con el fin de cumplir con las exigencias técnicas y regulatorias establecidas por entidades como la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Esta investigación se justifica por la necesidad de mantener condiciones ambientales controladas —como temperatura, humedad, presión y calidad del aire— que aseguren un entorno óptimo para la elaboración de productos farmacéuticos. Además, el diseño propuesto no solo busca optimizar los procesos internos del laboratorio, sino

también facilitar la obtención de autorizaciones regulatorias, reducir riesgos de contaminación y garantizar la inocuidad del producto final.

Asimismo, el desarrollo de esta propuesta representa una oportunidad de mejora continua en los sistemas de soporte crítico para la industria farmacéutica, siendo una solución técnica escalable y aplicable a otros entornos como laboratorios clínicos, centros de diagnóstico, y consultorios médicos que también requieren condiciones ambientales rigurosas.

Este proyecto reviste gran importancia tanto en el ámbito técnico como en el sanitario, ya que propone una solución de ingeniería orientada a garantizar el cumplimiento normativo y la eficiencia operativa en un entorno de fabricación farmacéutica. El diseño del sistema HVAC contribuirá directamente a la mejora de las condiciones de producción, asegurando que se mantengan los estándares de calidad exigidos por las normativas nacionales e internacionales.

Desde una perspectiva académica, la tesis constituye un aporte significativo al conocimiento aplicado del diseño de sistemas HVAC en ambientes críticos, integrando criterios técnicos, normativos y de seguridad. Desde una perspectiva práctica, ofrece una guía para la implementación de soluciones similares en otras áreas de producción, promoviendo la innovación en el sector salud e impulsando la competitividad de la industria farmacéutica nacional.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica para el área de fabricación en un laboratorio farmacéutico mediante la aplicación de normas de ingeniería con el fin de contar con un ambiente eficiente y seguro.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Garantizar el cumplimiento de las normativas establecidas por las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID), así como de la norma ISO 14644:2016-1.
- Realizar el cálculo de las cargas térmicas necesarias para el diseño del sistema de climatización y ventilación mecánica en el área de sólidos normales del laboratorio farmacéutico.
- Determinar y seleccionar el equipo de aire acondicionado adecuado para el diseño del sistema de climatización y ventilación mecánica en el área de sólidos normales del laboratorio farmacéutico.
- Calcular y elegir los tipos de filtros más apropiados para el sistema de climatización y ventilación mecánica en el área de sólidos normales del laboratorio farmacéutico.
- Asegurar un entorno con condiciones ambientales controladas, que incluyan el monitoreo y regulación de la humedad y la temperatura.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

- El diseño de un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica, basado en la aplicación de normas de ingeniería y en el cumplimiento de los estándares de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), DIGEMID e ISO 14644:2016-1, permitirá garantizar un ambiente eficiente, seguro y con condiciones ambientales controladas en el área de fabricación del laboratorio farmacéutico.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

- El cumplimiento de las normativas establecidas por las BPM, DIGEMID y la norma ISO 14644:2016-1 garantizará la viabilidad normativa y sanitaria del sistema HVAC propuesto.

- El cálculo adecuado de las cargas térmicas permitirá dimensionar correctamente el sistema de climatización y ventilación mecánica para mantener condiciones ambientales estables.
- La correcta selección del equipo de aire acondicionado contribuirá al desempeño eficiente del sistema HVAC en el área de sólidos normales.
- La elección adecuada de los filtros garantizará la calidad del aire y la inocuidad del entorno en el proceso de fabricación farmacéutica.
- El control de variables ambientales como temperatura y humedad permitirá mantener condiciones óptimas para la producción segura y eficiente de medicamentos.

### 1.7 Variables y Operacionalización de variables

- Variable Independiente: Sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica.
- Variable Dependiente: Condiciones ambientales del área de fabricación.

**Tabla 1**  
Variable independiente

| <b>Variable Independiente</b>        | <b>Sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica.</b> |                                                                               |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dimensiones</b>                   | <b>Indicadores</b>                                                  | <b>Actividades de investigación o tratamiento</b>                             |
| Carga térmica.                       | Cargas calóricas.                                                   | Determinar las cargas calóricas, producidas por todos los equipos y personas. |
| Variables de transferencia de calor. | Conducción<br>Convección<br>Radiación                               | Determinar las cargas producida por el sol.                                   |

Fuente: Propia

### 1.7.1 Operacionalización de variables

**Tabla 2**

Operacionalización de variables

| Variable dependiente   | Condiciones ambientales |                                                                                                                          |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Indicadores             | Instrumento o ítems                                                                                                      |
| Temperatura            | Grados centígrados      | Formatos para la medición por horas de los caudales de aire, temperatura, humedad y presiones diferenciales entre salas. |
| Humedad                | Humedad Relativa        |                                                                                                                          |
| Caudal de Aire         | M <sup>3</sup> /h       |                                                                                                                          |
| Diferencial de Presión | Pascales                |                                                                                                                          |

Fuente: Propia

## 1.8 Metodología de la Investigación

### 1.8.1 Unidad de Análisis

La unidad de análisis considerada en esta investigación son las condiciones ambientales de un área de fabricación de un laboratorio farmacéutico con una capacidad de 200 kg/día.

### 1.8.2 Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Muestra que el enfoque cualitativo puede desarrollar hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos, con el fin de descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.

Dado los conceptos mencionados anteriormente, en el presente trabajo se utilizarán un enfoque cuantitativo.

Desde el enfoque cuantitativo se realizará el análisis de los datos obtenidos de temperatura, humedad, caudal y presión diferencial y se aplicará un cuadro en Excel para obtener respuestas numéricas que permitan determinar el diseño teórico y luego comprobar su estado cuando se logre simular mediante un software especializado.

### **1.8.3 Diseño de la investigación**

Esta investigación tiene un diseño de investigación del tipo experimental, debido a que estableceremos una relación entre la causa y el efecto del caso estudiado, es decir observaremos el efecto causado por la variable independiente sobre la variable dependiente (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

Así mismo será de clase pre experimental con un solo grupo, en donde se calculara teóricamente los datos para garantizar las condiciones ambientales de acuerdo a las normas de BPM-DIGEMID, para luego comprobarlos mediante una simulación.

### **1.8.4 Fuentes de información**

Fuentes primarias:

- Información técnica y arquitectónica del área de sólidos normales del laboratorio farmacéutico (planos, distribución de equipos, datos de operación).
- Entrevistas o consultas técnicas con ingenieros encargados del diseño y operación de sistemas HVAC.
- Fichas técnicas y catálogos de equipos de climatización, ventilación y filtrado.
- Normativas nacionales (DIGEMID, BPM) y reglamentos internos del laboratorio farmacéutico evaluado.

Fuentes secundarias:

- Normas técnicas nacionales e internacionales:
  - ISO 14644-1:2016 — Clasificación de la limpieza del aire en salas limpias
  - Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) — MINSA/DIGEMID
  - Manuales ASHRAE para diseño HVAC
- Artículos científicos y tesis previas relacionadas con sistemas HVAC en entornos farmacéuticos.
- Libros de ingeniería mecánica y diseño de sistemas de climatización.

### **1.8.5 Población y muestra**

Población:

- La población está conformada por las áreas de fabricación farmacéutica en las que se requiere implementar sistemas HVAC bajo normativas exigentes, específicamente en entornos de laboratorios de sólidos normales.

Muestra:

- La muestra corresponde al área específica de sólidos normales dentro del laboratorio farmacéutico evaluado para el diseño del sistema HVAC. Esta muestra ha sido seleccionada por conveniencia, ya que es donde se realizará la propuesta de mejora del sistema de climatización y ventilación mecánica.

#### **1.8.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Los datos serán obtenidos de:

- Toma de datos para simulación teórica del diseño. Esos datos se tomarán con respecto a la norma ISO 14644-1:2016 y al manual del ISPE.
- Recopilación de datos e información del programa donde se llevará a cabo la simulación del sistema de acondicionado de aire y ventilación mecánica.

#### **1.8.7 Análisis y Procesamiento de Datos.**

Se procesarán los datos históricos y los recabados en la evaluación de un diseño de un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica para determinar los puntos a mejorar con respecto a las cargas térmicas necesaria por cada área. Se realizará procesamiento de datos mediante cuadros en Excel para el cálculo de las cargas térmicas actuales. Se realizarán simulaciones para determinar si se lograra el buen acondicionamiento del área, luego de plantear las mejoras en el diseño del sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica.

Con los resultados obtenidos de la simulación se analizará las condiciones ambientales obtenidas luego del diseño del sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica al área de fabricación de un laboratorio farmacéutico.

## 2. CAPÍTULO II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 Bases teóricas.

#### 2.1.1 Conceptos termodinámicos

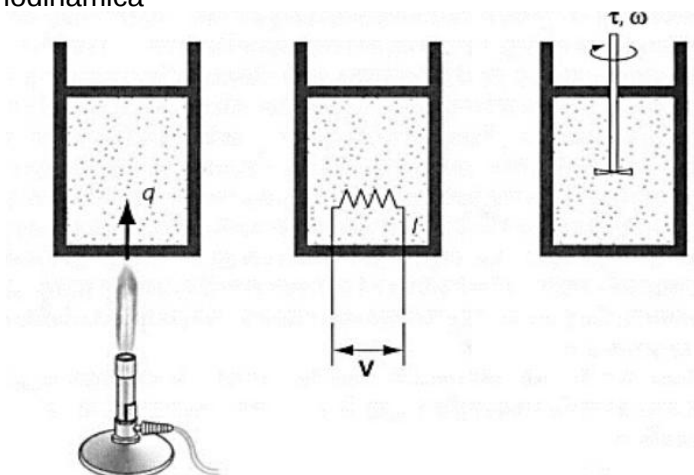
Wilson et al. (2007) afirman que una manera efectiva de abordar los estudios de termodinámica es a través de la definición de los conceptos de temperatura y calor. La temperatura se define como un indicador de las sensaciones de calor o frío. El calor, por su parte, se refiere a la energía en tránsito; cuando se produce una transferencia de calor entre dos objetos, aunque no estén en contacto directo, ambos alcanzan la misma temperatura en un periodo de tiempo determinado.

#### 2.1.2 Primera ley de la termodinámica

Según Golden (2011), "uno puede imaginar un cuerpo de agua líquida rodeado por una pared adiabática, tal como se describe en el contexto de la primera ley de la termodinámica". La única interacción posible con el entorno en este caso es la transferencia de trabajo. En la descripción siguiente, el mismo cambio en la temperatura del agua puede lograrse mediante dos procesos distintos: el movimiento del agua mediante un agitador o el calentamiento a través de una resistencia eléctrica. Esto constituye un ejemplo, como se puede observar en la figura 1 de dos procesos estacionarios diferentes que producen la misma variación de estado, exclusivamente a través de la transferencia de trabajo.

**Figura 1**

Primera ley de la termodinámica



Fuente: Golden, termodinámica para Ingeniería (2011)

Asimismo, se establece la siguiente ecuación que define la función ( $U$ ) en función de las propiedades del estado final.

$$-W_{adiabatica} = U_{estado} - U_{referencia} = U_{estado}$$

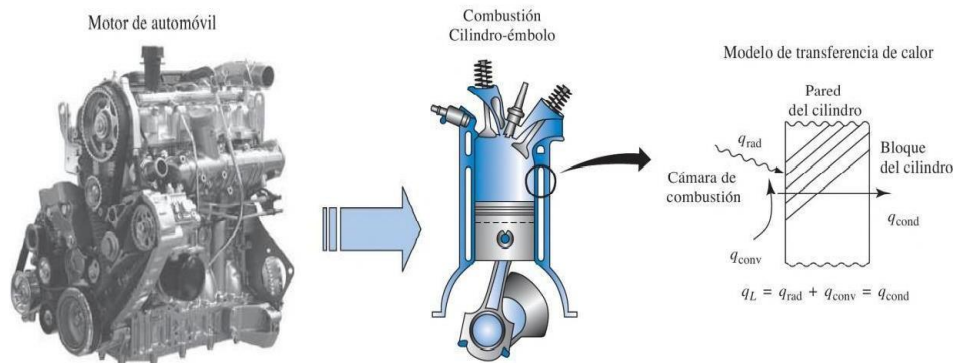
Del mismo modo, la ecuación proporciona un enfoque cuantitativo para determinar cómo se modifica la fórmula, quedando expresada de la siguiente manera:

$$U_2 - U_1 = Q - W \quad (\text{Ec. 1})$$

### 2.1.3 Transferencia de calor

Según Kreith et al. (2013), el fenómeno de la transferencia de calor se define como el proceso mediante el cual la energía térmica fluye de una región con mayor temperatura hacia una de menor temperatura como se puede observar en la figura 2. Esto ocurre en la presencia de un gradiente térmico dentro de un sistema o al establecerse un contacto entre dos sistemas con temperaturas diferentes. Tal movimiento de energía es lo que se conoce como transferencia de calor.

**Figura 2**  
Procesos con igual cambio de estado



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

Según Kreith et al. (2013), se identifican tres métodos principales de transferencia de calor: conducción, radiación y convección. Sin embargo, desde un punto de vista estricto, únicamente la conducción y la radiación califican como mecanismos de transferencia de calor, ya que su funcionamiento se basa exclusivamente en la existencia de un gradiente térmico. Por otro lado, la convección no se ajusta completamente a esta

definición, dado que su operación también implica un componente de transmisión mecánica.

#### 2.1.4 Conducción de calor

De acuerdo con Kreith et al. (2013), en un medio sólido, el calor se desplaza desde las zonas con mayor temperatura hacia aquellas con menor temperatura cuando existe un gradiente térmico como se evidencia en la figura 3. La velocidad de transmisión del calor por conducción, representada como  $(q_k)$ , es directamente proporcional al gradiente de temperatura  $(\frac{dT}{dx})$  y al área ( $A$ ) por la que se realiza la transferencia de calor.

La tasa de transferencia de calor es:

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

$q_k$ = Corriente de calor en conducción (Watt)

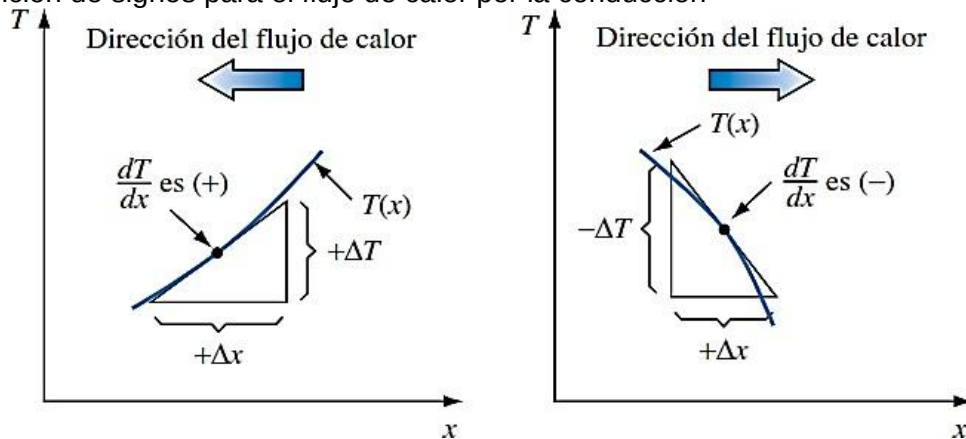
$k$ = Conductividad térmica (W/mK)

$A$ =Área de transferencia de calor (m<sup>2</sup>)

$\frac{dT}{dx}$ = Gradiente de temperatura (K/m)

**Figura 3**

Convención de signos para el flujo de calor por la conducción



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

### 2.1.5 Convección

Según Kreith et al. (2013), la convección combina dos mecanismos simultáneos. El primero es la transferencia de energía generada por el movimiento molecular, correspondiente al modo de conducción. En este caso, la transferencia de energía está influenciada por el movimiento macroscópico de las porciones del fluido.

Asimismo, Kreith et al. (2013) señala que este movimiento puede ser impulsado por una fuerza externa, ya sea un gradiente de densidad como ocurre en la convección natural, una diferencia de presión provocada por un ventilador o una bomba, o incluso una combinación de ambos factores como se observa en la figura 4 y figura 5. Conociendo el gradiente de temperatura y la conductividad térmica en la interfaz correspondiente, es posible calcular la tasa de transferencia de calor aplicando la ecuación respectiva.

La tasa de transferencia de calor por convección se da por:

$$q_{conv} = hA\Delta T \quad (Ec. 3)$$

Donde:

$q_{conv}$  = Coeficiente de transferencia de calor (Watt)

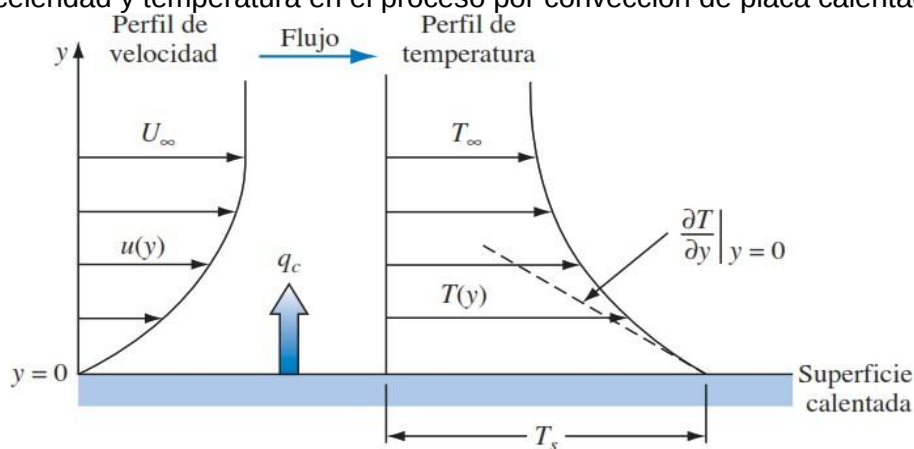
$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m<sup>2</sup>°C)

$A$  = Sección expuesta (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas (°C)

**Figura 4**

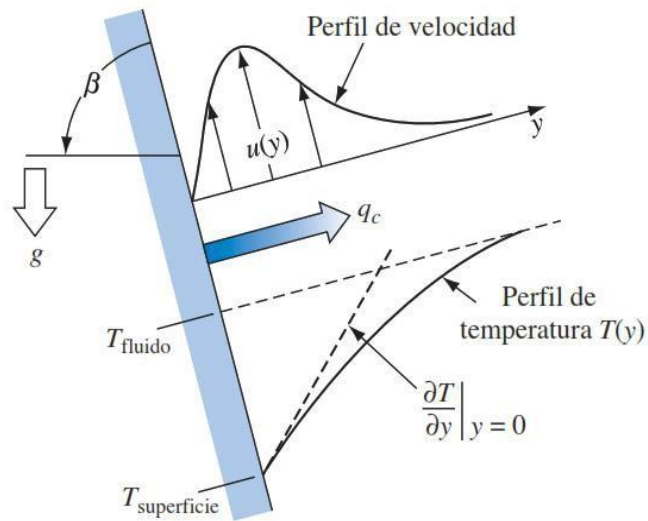
Perfil de celeridad y temperatura en el proceso por convección de placa calentada



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

**Figura 5**

Distribución de Celeridad y temperatura por convección natural en placa inclinada



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

### 2.1.6 Radiación

De acuerdo con Kreith et al. (2013), la energía emitida desde una superficie por radiación depende de su temperatura, de sus propiedades intrínsecas y de las características de su superficie. Observando la figura 6 un cuerpo negro, considerado un emisor perfecto, libera energía radiada desde su superficie a una tasa determinada por una ecuación específica.

La tasa neta de transferencia de calor radiante se da por:

$$q_r = A_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

$q_r$  = Coeficiente de transferencia de calor (Watt)

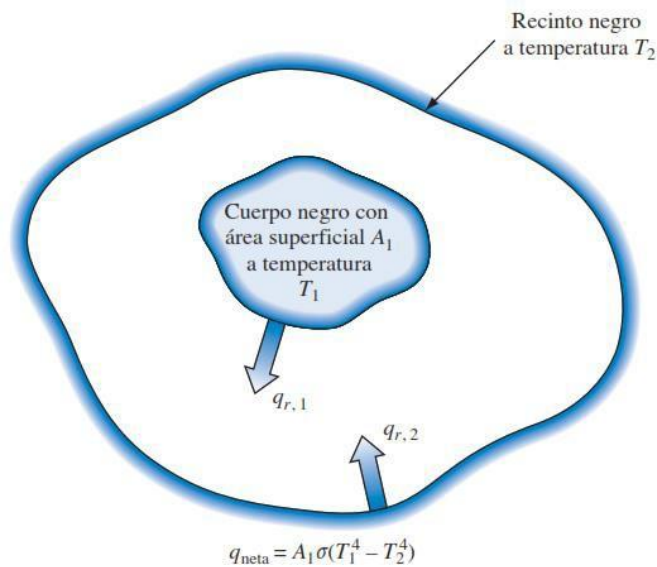
$A$  = Sección radiante (m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzmann (W/m<sup>2</sup>°C)

$T_1^4$  = Temperatura absoluta del cuerpo más caliente (°C)

$T_2^4$  = Temperatura absoluta del segundo objeto (°C)

**Figura 6**  
Proceso de radiación



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

### 2.1.7 Modelos de transferencias de calor combinados

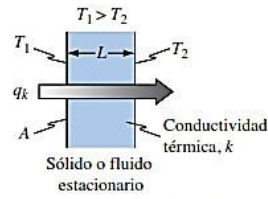
Según Kreith et al. (2013), los procesos de transferencia de calor pueden analizarse de manera independiente, aunque en la práctica suelen darse de manera combinada, en la figura 7 podemos observar los modos de transferencia de calor con lo cual podemos analizar como un ejemplo un ambiente invernal, en donde el calor puede perderse desde el techo hacia áreas más frías mediante radiación y convección, mientras que simultáneamente se transmite por conducción desde el interior hacia el exterior.

**Figura 7**  
Modos de transferencia de calor

Transferencia de calor por conducción unidimensional a través de un medio estacionario

$$q_k = \frac{kA}{L} (T_1 - T_2) = \frac{T_1 - T_2}{R_k}$$

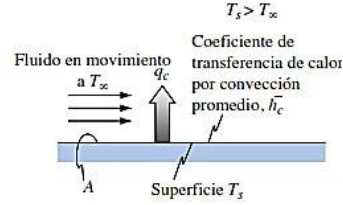
$$R_k = \frac{L}{kA}$$



Transferencia de calor por convección de una superficie a un fluido en movimiento

$$q_c = \bar{h}_c A (T_s - T_\infty) = \frac{T_s - T_\infty}{R_c}$$

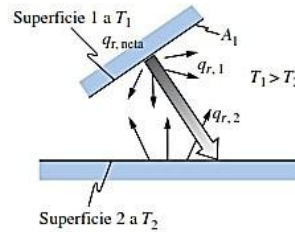
$$R_c = \frac{1}{\bar{h}_c A}$$



Transferencia neta de calor por radiación de la superficie 1 a la superficie 2

$$q_r = A_1 \mathcal{F}_{1-2} \sigma (T_1^4 - T_2^4) = \frac{T_1^4 - T_2^4}{R_r}$$

$$R_r = \frac{T_1^4 - T_2^4}{A_1 \mathcal{F}_{1-2} \sigma (T_1^4 - T_2^4)}$$



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

### 2.1.8 Modelos de transferencias de calor combinados

Kreith et al. (2013) explican que, en diversas aplicaciones prácticas, cuando dos superficies conductoras distintas están en contacto como se ve en la figura 8, surge una resistencia térmica en la interfaz entre los materiales sólidos. Este fenómeno es especialmente relevante en casos como la instalación de intercambiadores de calor en microelectrónica o circuitos integrados, así como en la fijación de disipadores de calor a superficies tubulares en sistemas de evaporación y condensación utilizados en diseños de aire acondicionado.

$$R_i = \frac{\Delta T_i}{q/A} \quad (\text{Ec. 5})$$

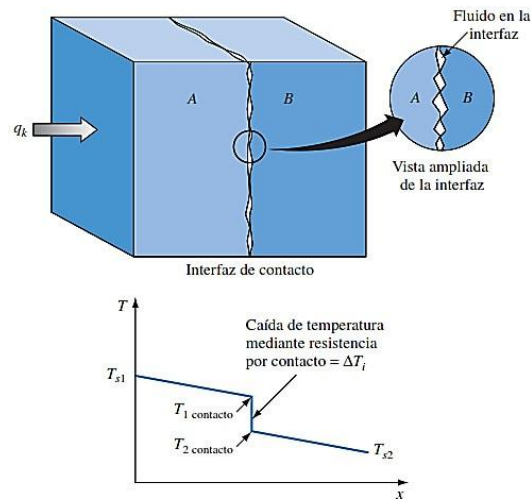
Donde

$R_i$  = Resistencia en la interfaz  $\frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$

$\frac{q}{A}$  = Flujo de calor (W)

$\Delta T_i$  = Diferencia de temperatura ( $^\circ\text{C}$ )

**Figura 8**  
Modos de transferencia de calor



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

### 2.1.9 Convección y conducción en serie

De acuerdo con Kreith et al. (2013), en la sección previa se analizó la conductividad térmica en paredes compuestas mediante el cálculo de las temperaturas superficiales en ambos lados. No obstante, en la práctica de la ingeniería, el caso más frecuente es la transferencia de calor entre dos líquidos a una temperatura superficial específica separados por una pared como se observa en la figura 9, donde dicha temperatura no se conoce directamente, pero puede ser determinada si se tienen los coeficientes de transferencia de calor por convección en ambos lados de la pared. Además, señalan que la transferencia de calor por convección puede incorporarse de manera sencilla en los circuitos térmicos, para lo cual se presenta una ecuación que describe la resistencia térmica por convección.

$$R_c = \frac{1}{\overline{h_c} A} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

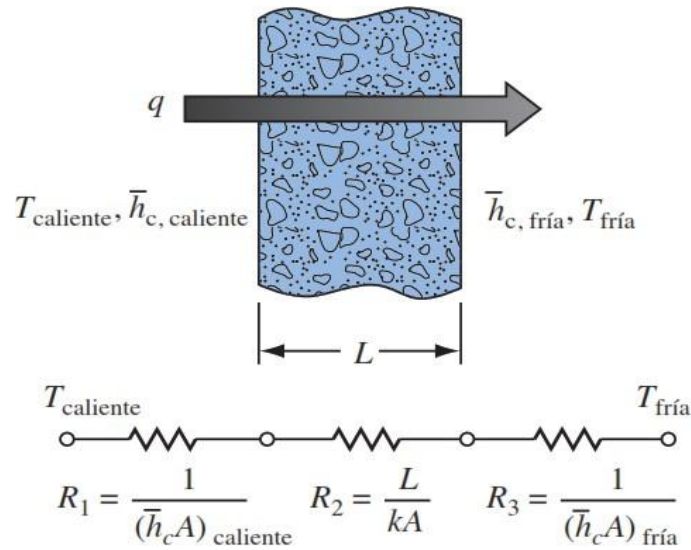
$R_c$  = Coeficiente de transferencia de calor ( $W^{-1}m^2K^{-1}$ )

$\overline{h_c}$  = Coeficiente de convección ( $W^\circ K$ )

$A$  = Sección perpendicular ( $m^2$ )

**Figura 9**

Circuito térmico con convección y conducción en serie



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

### 2.1.10 Coeficiente global de transferencia de calor

Kreith et al. (2013) mencionan que un desafío frecuente en transferencia de calor consiste en calcular la tasa de transferencia de calor entre dos fluidos, ya sean líquidos o gases, que están separados por una pared. En el caso de que la pared sea plana como en la figura 10 y el calor se transmita únicamente por convección en ambos lados, la tasa de transferencia de calor puede expresarse en función de las dos temperaturas mediante la siguiente relación:

$$q = \frac{T_{caliente} - T_{fría}}{\left(\frac{1}{\bar{h}_c A}\right)_{caliente} + \left(\frac{L}{kA}\right) + \left(\frac{1}{\bar{h}_c A}\right)_{fría}} = \frac{\Delta T}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (Ec. 7)$$

$$q = UA\Delta T \quad (Ec. 8)$$

$$UA = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1}{R_{total}} \quad (Ec. 9)$$

Donde:

$U$  = Coeficiente global de transferencia de calor ( $W^{-1}m^2K^{-1}$ )

$R_1$  = Coeficiente de transferencia de calor ( $W^{-1}m^2K^{-1}$ )

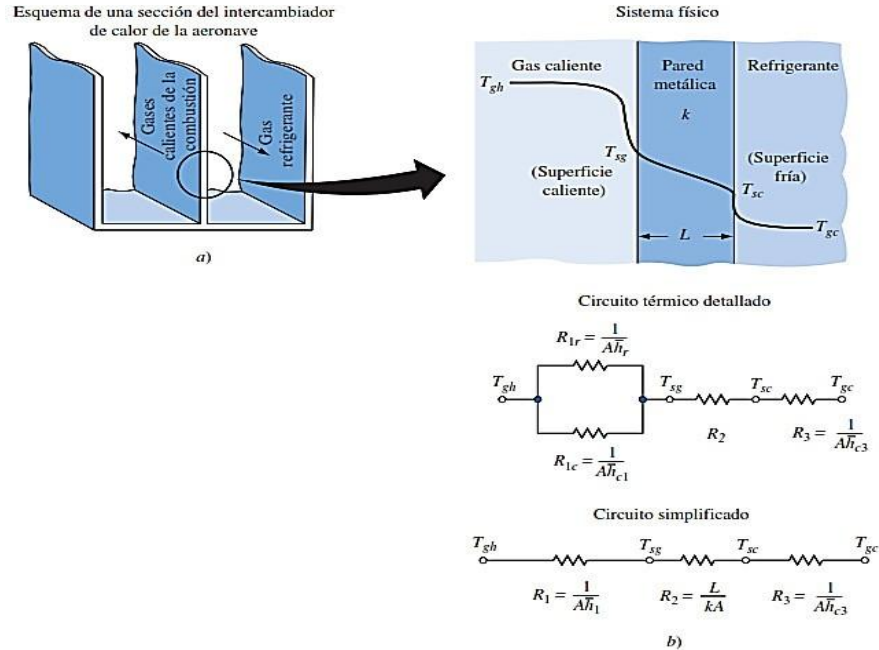
$\bar{h}_c$  = Coeficiente de convección ( $W^\circ K$ )

$A$  =Sección perpendicular ( $m^2$ )

$\Delta T$  =Diferencia de temperaturas ( $^{\circ}K$ )

**Figura 10**

Esquema de una sección de un intercambiador de calor de aeronave



Fuente: Kreith et al. Principio de transferencia de calor (2013)

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Propiedades del aire

#### 2.2.1.1 Temperatura bulbo seco

Pita (2000) señala que la temperatura seca, conocida también como temperatura del aire, se mide con un termómetro cuyo bulbo permanece seco. En el diagrama psicrométrico, esta se representa mediante líneas verticales que mantienen un valor constante a lo largo de su trayectoria. Esta medición corresponde a la auténtica temperatura del aire.

#### 2.2.1.2 Temperatura bulbo húmedo

De acuerdo con Pita (2000), la temperatura de bulbo húmedo se mide utilizando un termómetro con el bulbo humedecido, expuesto a un flujo de aire. Esta temperatura siempre resulta inferior a la de bulbo seco. En el diagrama psicrométrico, se representa

mediante líneas inclinadas con pendiente negativa, las cuales se obtienen al medir la temperatura durante la evaporación del vapor de agua presente en la mezcla.

#### **2.2.1.3 Temperatura de punto de rocío**

Según Pita (2000), el punto de rocío es la temperatura máxima a la que el vapor de agua presente en el aire comienza a condensarse. En el diagrama psicrométrico, se representa mediante líneas horizontales que comparten la misma escala que la temperatura de bulbo húmedo, pero permanecen constantes a lo largo de una línea horizontal correspondiente al 100% de humedad relativa.

#### **2.2.1.4 Humedad relativa**

De acuerdo con Pita (2000), la humedad relativa se define como la proporción de vapor de agua presente en el aire en comparación con la cantidad máxima que esa masa de aire puede contener sin alterar su temperatura. En el diagrama psicrométrico, se representa mediante líneas curvas que ascienden de izquierda a derecha. Cuando la humedad relativa alcanza el 100%, su valor coincide con la temperatura de bulbo húmedo (WBT).

#### **2.2.1.5 Humedad absoluta o específica**

Según Pita (2000), la densidad del vapor de agua se refiere a la relación entre la masa de vapor de agua y el volumen de aire en un ambiente húmedo, bajo una presión y temperatura determinadas. En el diagrama psicrométrico, se representa mediante líneas horizontales que indican el contenido total de humedad por unidad de masa o volumen, dependiendo del contexto. Estas líneas suelen ubicarse en la parte derecha del gráfico y son paralelas a la presión relativa (PR). Este parámetro influye directamente en el contenido de humedad absoluta (HA) o específica (HE).

#### **2.2.1.6 Entalpía**

De acuerdo con Pita (2000), la entalpía del aire húmedo, también conocida como calor total, es la combinación de la entalpía del aire seco y la del vapor de agua presente en el aire. La entalpía representa la energía total de un sistema termodinámico. En el

diagrama psicrométrico, se ilustra como una extensión de las líneas de temperatura de bulbo húmedo (WBT), ya que el calor total está directamente relacionado con esta última. Por lo general, su escala se ubica fuera del gráfico, en la parte superior izquierda.

#### **2.2.1.7 Volumen específico**

Según Pita (2000), el volumen específico se define como la relación entre el volumen ocupado por un cuerpo o sustancia y su masa. Este parámetro, inverso a la densidad, no depende del tipo de material del cuerpo o sustancia. En el diagrama psicrométrico, se representa mediante líneas inclinadas aproximadamente a 60° respecto a la horizontal, incrementando su valor de izquierda a derecha.

#### **2.2.2 Estimación de la carga de acondicionamiento de la sala**

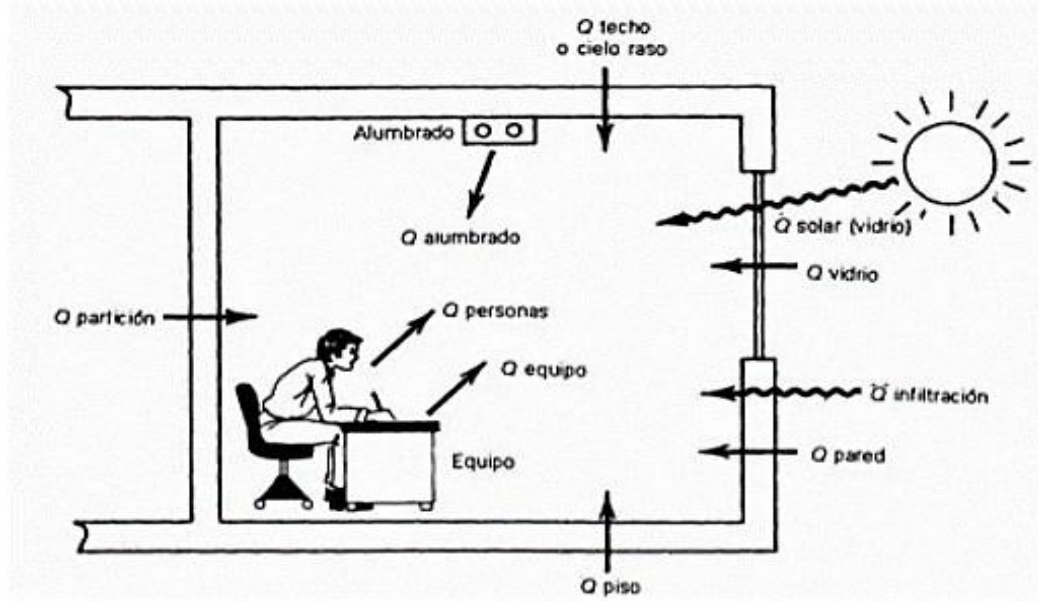
Según Carrier (2022), es fundamental calcular la carga térmica del contenedor como se observa en la figura 11 para establecer las dimensiones adecuadas de la instalación, incluyendo la alimentación de equipos, canalizaciones y sistemas de control. Este cálculo debe basarse en las condiciones de diseño tanto internas como externas, y ajustarse a las normativas aplicables de calefacción y refrigeración.

A continuación, se enumeran algunos elementos que contribuyen a las ganancias de calor dentro del recinto.

- Conducción a través de paredes, techos, y vidrios al exterior.
- Radiación solar a través muros externos, techos y ventanas.
- Alumbrado.
- Personas.
- Equipos.

**Figura 11**

Diagrama de acondicionamiento de ambiente



Fuente: Pita, Cálculo de cargas de enfriamiento (1994)

### 2.2.2.1 Conducción por medio de estructura inferior

Según Pita (1994), el calor que se transfiere desde un espacio interior no acondicionado hacia un espacio acondicionado, a través de elementos como divisiones, techos o pisos, puede calcularse utilizando este método.

$$Q = KA\Delta T \quad (Ec. 10)$$

Donde:

$Q$  =Velocidad de transferencia de calor por medio de la división, cielo o piso (BTU/h)

$U$  =Coeficiente global de transferencia de calor por división, cielo o piso (BTU/h-ft<sup>2</sup>-°F)

$A$  =Area de la división, cielo raso o piso (ft<sup>2</sup>)

$DTCE$  =Diferencia de temperaturas para la carga de enfriamiento (°F)

$DTCE$  es aquella diferencia de Temperatura considerando los efectos de almacenamiento de Calor. Los valores de la  $DTCE$  en la tabla tienen que corregirse del siguiente modo:

$$DTCE = ((DTCE + LM) \times K + (78 - Tr) + (To - 85)) \times f \quad (Ec. 11)$$

### 2.2.2.2 Radiación a través de una pared

El flujo de calor está dado por:

$$Q = UA\Delta T_{equiv}$$

$$\Delta T_{equiv} = a + (X_1 x \Delta T_{es}) + b(\Delta X_2 x \Delta T_{em}) \quad (Ec. 12)$$

$$X_2 = \frac{bxR_s}{R_m} \text{ y } X_1 = 1 - X_2 \quad (Ec. 13)$$

Donde:

$b$  = Coeficiente de color de la pared (ver datos generales)

$$R_s = (Max_{aportacionsolar})x(Fac_{atm})x(Fact_{altitud})x(Fact_{ptoderocio})\left(\frac{Kcal}{h * m^2}\right) \quad (Ec. 14)$$

$R_m$  = De la tabla 3 a la 40° latitud norte, en el mes de julio y la orientación de las paredes, es Este, toda vez ingresando a la tabla por latitud sur para conseguir los valores  $\left(\frac{Kcal}{h * m^2}\right)$

### 2.2.3 Psicometría

La ASHRAE nos define el aire acondicionado como el procedimiento mediante el cual se regula de manera simultánea la temperatura, humedad, limpieza y distribución del aire en un espacio específico, de acuerdo con los requerimientos del ambiente. Este sistema incluye el control térmico y de humedad, la gestión de la filtración y purificación del aire, así como su circulación adecuada.

Además, un sistema integral de aire acondicionado incorpora ajustes automáticos que se adaptan tanto a las condiciones de invierno, mediante una fuente de calor, como a las del verano, con un sistema de refrigeración.

#### 2.2.3.1 Carta psicométrica

Según Pita (2000), las propiedades del aire atmosférico pueden expresarse mediante tablas o gráficos. El formato gráfico, conocido como carta psicométrica, es ampliamente utilizado debido a que facilita la presentación de una gran cantidad de datos de manera clara y contribuye al análisis de los procesos organizacionales.

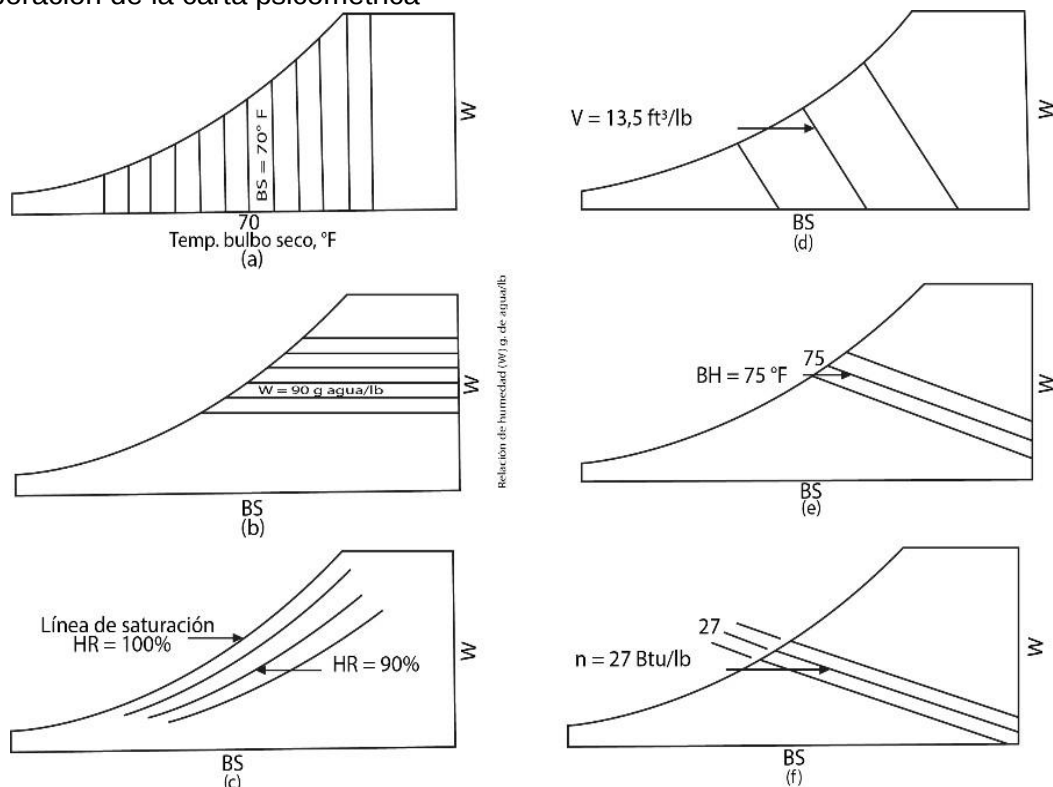
#### 2.2.3.2 Construcción de la carta psicométrica

Según Miranda (2007), el diseño de una carta psicométrica consiste en graficar las propiedades termodinámicas del aire húmedo, lo que permite analizar y planificar sistemas de climatización y procesos industriales vinculados al manejo del aire. Los pasos

esenciales para su creación se describen a continuación tomando como referencia la figura 12.

- a) **Trazado de las líneas de temperatura de bulbo seco:** Estas líneas se dibujan de forma vertical y representan temperaturas constantes del aire seco. Se distribuyen uniformemente a lo largo del eje horizontal de la carta.
- b) **Incorporación de las líneas de humedad específica:** También conocidas como relación de humedad, estas líneas horizontales indican la cantidad de vapor de agua presente por unidad de masa de aire seco. Se ubican en el eje vertical derecho de la carta.
- c) **Dibujo de las curvas de humedad relativa:** Estas curvas, generalmente en forma de parábola, conectan puntos con igual porcentaje de humedad relativa, desde 0% hasta 100%. La curva del 100% corresponde a la línea de saturación, donde el aire está completamente saturado de vapor de agua.
- d) **Trazado de las líneas de volumen específico:** Estas líneas, que se inclinan hacia arriba y a la izquierda, representan el volumen ocupado por unidad de masa de aire seco. Son esenciales para cálculos relacionados con el flujo de aire en sistemas de ventilación.
- e) **Adición de las líneas de temperatura de bulbo húmedo:** Estas líneas se inclinan hacia abajo y a la derecha, y representan temperaturas constantes medidas con un termómetro de bulbo húmedo. Son útiles para determinar la capacidad de enfriamiento evaporativo del aire.
- f) **Incorporación de las líneas de entalpía:** Estas líneas, que suelen ser casi paralelas a las de temperatura de bulbo húmedo, indican el contenido total de energía térmica del aire húmedo. Se expresan en unidades de energía por unidad de masa de aire seco.

**Figura 12**  
Elaboración de la carta psicrométrica



Construcción de la carta psicrométrica, mostrando líneas de valores constantes de las propiedades. (a) Líneas de temperatura constante de bulbo seco (BS). (b) Líneas de relación constante de humedad (W). (c) Líneas de humedad relativa constante (HR). (d) Líneas de volumen específico constante (v). (e) Líneas de temperatura constante de bulbo húmedo (BH). (f) Líneas de entalpía constante (h)

Fuente: Miranda, Psicometría (2007)

### 2.2.3.3 Localización de las condiciones del aire en la carta psicrométrica

Según Pita (1994), cualquier condición meteorológica puede ser ilustrada mediante un punto en el gráfico. Este punto se define al identificar dos propiedades independientes entre sí. Como cada propiedad se encuentra representada por una línea, la intersección de ambas señala el punto que describe el estado del aire. Una vez identificado este punto, es posible interpretar todas las características adicionales que proporciona el gráfico.

### 2.2.3.4 Condensación de las superficies

Según Pita (2000), la humedad del vidrio se condensa debido al contacto con el aire circundante cuando la temperatura del vidrio es inferior al punto de rocío de dicho aire. En este proceso, el aire que entra en contacto con el vidrio se enfría por debajo de su punto de rocío, lo que provoca que se sature con vapor de agua, y parte de este vapor se condense.

### **2.2.3.5 Líneas de proceso en la carta psicométrica**

De acuerdo con Pita (2000), los equipos de aire acondicionado tienen como propósito transformar el estado del aire que ingresa, modificando su temperatura y llevándolo a una condición distinta, proceso al que se le denomina "proceso". Los diagramas psicrométricos son especialmente útiles para representar estos cambios, facilitando la selección de equipos y el análisis de posibles problemas. Dichos procesos se ilustran trazando una línea entre el estado inicial del aire y su estado final, mostrando cómo se alteran sus características a lo largo de dicha trayectoria. En la mayoría de los casos, estos cambios pueden representarse mediante líneas rectas.

### **2.2.3.6 Líneas de proceso en la carta psicométrica**

Según Pita (1994), la función de un acondicionador de aire es modificar el estado del aire que ingresa, transformándolo a otro estado, proceso conocido como "proceso". Los diagramas psicrométricos son herramientas útiles para representar estos cambios, especialmente al seleccionar equipos y analizar posibles problemas. Estos procesos se ilustran mediante una línea que conecta el estado inicial del aire con su estado final, mostrando cómo varían sus características a lo largo de la trayectoria. En la mayoría de los casos, estos cambios se pueden representar mediante líneas rectas.

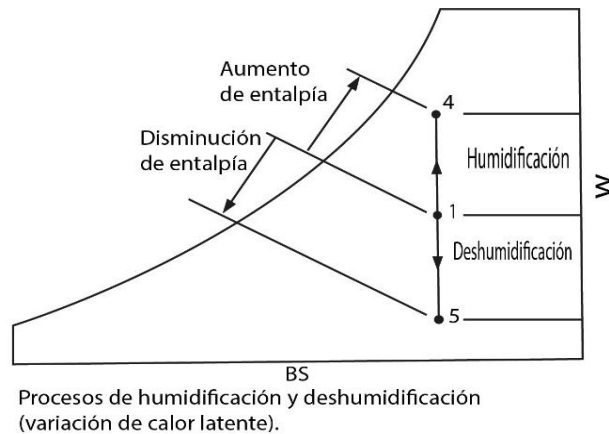
### **2.2.3.7 Variaciones de calor latente (humidificación y deshumidificación)**

Según Miranda (2007), el proceso de incorporar vapor de agua al aire se conoce como humidificación, mientras que la eliminación de dicho vapor se denomina deshumidificación. Según la figura 13, durante los procesos 1 a 4, la humidificación incrementa tanto la proporción de humedad como la entalpía del aire, ya que la entalpía del vapor de agua añadido contribuye a elevar la entalpía total del aire, un fenómeno vinculado al cambio de calor latente. Por otro lado, en la deshumidificación que va del proceso 1 al 5, la eliminación del vapor de agua reduce la entalpía, alcanzando niveles más bajos. Aunque los procesos de humidificación o deshumidificación sin variaciones

significativas de temperatura no son comunes en los sistemas de aire acondicionado, comprender estos conceptos es fundamental para analizar diversos escenarios.

**Figura 13**

Variaciones de calor latente



Fuente: Miranda, Psicometría (2007)

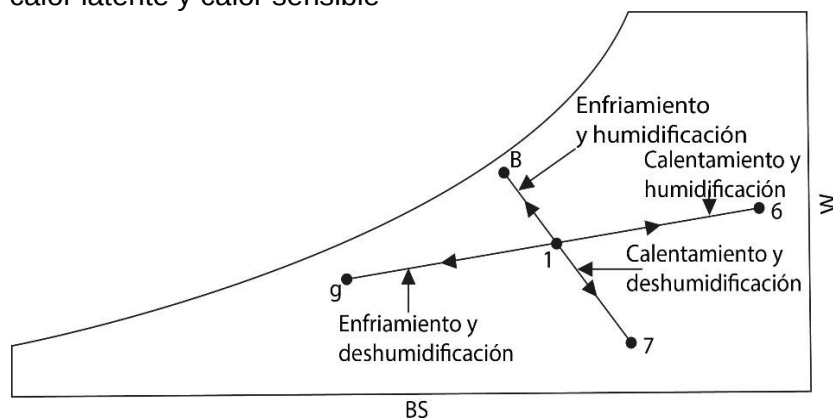
#### 2.2.3.8 Variación combinada de calor sensible y calor latente

A fin de comprender las variaciones se analiza la figura 14 y se logra visualizar los procesos mezclados de calor sensible y calor latente, que pueden presentarse en el acondicionamiento del aire:

- Calentamiento sensible y la humidificación (1 – 6)
- Calentamiento y deshumidificación (1 - 7)
- Enfriamientos sensibles y humidificación (1 - 8)
- Enfriamientos sensibles y deshumidificación (1 - 9)

**Figura 14**

Variación de calor latente y calor sensible



Fuente: Miranda, Psicometría (2007)

## **2.2.4 Filtros**

Según Carrier Air Conditioning Co., el control y la pureza del aire consisten en minimizar o eliminar las partículas sólidas o gaseosas indeseables presentes en el aire que se distribuye en un ambiente acondicionado. Un uso eficiente de los filtros de aire puede reducir significativamente los costos operativos y mejorar la productividad. Entre los beneficios de su aplicación se incluyen los siguientes:

- La disminución de los gastos de limpieza local, que involucraría más de un 39,9% del gasto total de operatividad.
- La disminución de bajas por enfermedades del personal, producto de la eliminación de bacterias, virus y agentes alérgenos del aire.
- Aumento de rendimientos.
- Incremento en la calidad de los productos.
- Incremento de la vida útil o duración del equipo o maquinaria.

### **2.2.4.1 Clasificación de filtros de ventilación ISO-16890:2017**

De acuerdo con la Internacional Organization for Standardization ISO (2017), la contaminación del aire, especialmente la generada por partículas finas en suspensión, constituye un serio problema de salud pública. Las micropartículas con un diámetro inferior a una micra, invisibles a simple vista, son particularmente preocupantes, ya que pueden penetrar profundamente en el sistema respiratorio hasta alcanzar los alvéolos pulmonares, afectando de manera más severa a quienes tienen sistemas inmunológicos debilitados. Aunque su tamaño es extremadamente pequeño, su impacto en la salud varía dependiendo de su diámetro. En respuesta a este desafío, se desarrolló la norma ISO 16890, que establece un método más riguroso para evaluar la eficacia de los filtros frente a diferentes tipos de partículas: ePM1, ePM2.5 y ePM10, que corresponden a partículas con diámetros menores a 1 µm, 2,5 µm y 10 µm, respectivamente. Esta norma permite a los usuarios seleccionar filtros adecuados a sus necesidades, asegurando una mayor protección contra estos contaminantes atmosféricos.

1  $\mu$  (micra) = 0,001 mm (= ePM1)

2,5  $\mu$  = 0,0025 mm (= ePM2,5)

10  $\mu$  = 0,01 mm (= ePM10)

#### 2.2.4.2 La nueva clasificación de los filtros

La norma ISO 16890 clasifica los filtros de aire en cuatro categorías basadas en el tamaño de las partículas: ePM1, ePM2.5, ePM10 y polvo grueso, como se observa en la tabla 3. La eficacia de un filtro se determina según el porcentaje de partículas del tamaño objetivo que puede retener, siendo necesario que este porcentaje supere el 50%. Por ejemplo, un filtro que capture más del 50% de partículas ePM10 será designado como “ISO ePM10”. Es importante destacar que los filtros ePM1 son los más eficientes, ya que son capaces de capturar las partículas más finas, consideradas las más dañinas para la salud.

**Tabla 3**

Comparación EN779 – ISO 16890 para la clasificación de filtros de aire

| EN779:2012 | ISO ePM1 | ISO ePM2.5 | ISO ePM10 | Eficacia media (Em) contra partículas de 0.4 $\mu$ m % |
|------------|----------|------------|-----------|--------------------------------------------------------|
| <b>M5</b>  | <20%     | <40%       | >50%      | -                                                      |
| <b>M6</b>  | <40%     | 50-60%     | >60%      | -                                                      |
| <b>F7</b>  | 50-70%   | >65%       | >80%      | 35%                                                    |
| <b>F8</b>  | 70-80%   | >80%       | >90%      | 55%                                                    |
| <b>F9</b>  | >80%     | >90%       | >95%      | 70%                                                    |

Fuente: Isofilter (2022). Clasificación de los filtros de aire según la norma ISO 16890 de G3 a H14. <https://www.isofilter.es>.

#### 2.2.4.3 Tabla comparativa de filtros gruesos y finos

- **Explicación de la norma de filtración EN 779**

La norma EN779 establece requisitos de eficacia de filtración media según el tipo de partículas: para polvo grueso (> PM10) en las clases de filtración G1, G2, G3 y G4; para partículas > PM2.5 en las clases M5, M6, F7, F8 y F9; y para partículas finas en suspensión en el aire (ePM1, menores a 1 micra o 0.001 mm) a partir de la clase F7.

Analizando la tabla 4, podemos observar que en las clases G2, G3 y G4, la eficacia se mide utilizando un aerosol que dispersa partículas sintéticas gruesas, determinándose la eficacia gravimétrica como la diferencia porcentual entre el peso de las partículas emitidas y el peso retenido por el filtro. Para los filtros de las clases M5 a F9, la prueba se realiza con partículas de aproximadamente 0.4 micras, y la eficacia, denominada opacimétrica, se calcula en función de la capacidad del filtro para retener estas partículas, expresándose en porcentaje.

Con base en las necesidades específicas y las recomendaciones técnicas de los fabricantes de sistemas de ventilación, los usuarios pueden seleccionar entre tres categorías principales de filtros de partículas para garantizar una calidad óptima del aire, ya sea procedente del exterior o del interior.

**Tabla 4**

Tabla de clasificación de filtros según la norma EN 779

| Clasificación de los filtros de aire |       |                             |                                     |                                        |                                         |
|--------------------------------------|-------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Grupo                                | Clase | Caída de presión final (Pa) | Arrestancia media polvo sintético % | Eficacia media con partículas 0.4 µm % | Eficacia mínima con partículas 0.4 µm % |
| <b>Grandes partículas</b>            | G1    | 250                         | 50<Am<65                            | -                                      | -                                       |
|                                      | G2    | 250                         | 65<Am<80                            | -                                      | -                                       |
|                                      | G3    | 250                         | 80<Am<90                            | -                                      | -                                       |
|                                      | G4    | 250                         | 90<Am                               | -                                      | -                                       |
| <b>Partículas medias</b>             | M5    | 450                         | 450                                 | 40<Em<60                               | -                                       |
|                                      | M6    | 450                         | 450                                 | 60<Em<80                               | -                                       |
| <b>Partículas finas</b>              | F7    | 450                         | 450                                 | 80<Em<90                               | 35                                      |
|                                      | F8    | 450                         | 450                                 | 90<Em<95                               | 55                                      |
|                                      | F9    | 450                         | 450                                 | 95<Em                                  | 70                                      |

Fuente: Isofilter (2022). Clasificación de los filtros de aire según la norma ISO 16890 de G3 a H14. <https://www.isofilter.es>.

- **Explicación de la norma de filtración ISO 16890 o EN1822**

La norma ISO 16890 establece un requisito mínimo de eficacia de filtración para los filtros de muy alta eficiencia (Very High Efficiency VHE). La evaluación se lleva a cabo utilizando un aerosol que dispersa partículas de aproximadamente 0.3 micras. Observando la tabla 5, se evidencia que:

- Los filtros E10, E11 y E12 son filtros de partículas eficientes.
- Los filtros H13 y H14 son filtros de aire de partículas de alta eficacia.
- Los filtros U15, U16 y U17 son filtros de aire de penetración ultrabaja.
- Epa 10 a Epa 12 = Eficiencia de partículas en el aire
- HEPA 13 a HEPA 14 = Aire con partículas de alta eficiencia
- ULPA 15 a ULPA 17 = Aire de baja penetración ULPA

**Tabla 5**

Tabla de clasificación de filtros según la norma EN 1822

| Clase de filtro | Valor integral              |               | Valor local                 |               |
|-----------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
|                 | Eficacia de la depuración % | Penetración % | Eficacia de la depuración % | Penetración % |
| <b>E10</b>      | 85                          | 15            | -                           | -             |
| <b>E11</b>      | 95                          | 5             |                             | -             |
| <b>E12</b>      | 99.5                        | 0.5           | -                           | -             |
| <b>H13</b>      | 99.95                       | 0.05          | 99.75                       | 0.25          |
| <b>H14</b>      | 99.995                      | 0.005         | 99.975                      | 0.025         |
| <b>U15</b>      | 99.9995                     | 0.0005        | 99.9975                     | 0.0025        |
| <b>U16</b>      | 99.99995                    | 0.00005       | 99.99975                    | 0.00025       |
| <b>U17</b>      | 99.999995                   | 0.000005      | 99.9999                     | 0.0001        |

Fuente: Isofilter (2022). Clasificación de los filtros de aire según la norma ISO 16890 de G3 a H14. <https://www.isofilter.es>.

### **2.2.5 Normativa vigente y procedimientos**

Para el presente proyecto, se adoptará la normativa aplicable al diseño de salas limpias en la industria farmacéutica, considerando tanto estándares internacionales como nacionales, tales como las regulaciones de la ISO, FDA y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Estas normativas establecen las directrices necesarias para cumplir con los estándares de calidad requeridos en la fabricación, asegurando que las instalaciones sean auditables. A continuación, se describen los puntos críticos considerados en el diseño.

#### **2.2.5.1 ISO 14644 y Diferencial de Presión**

La norma ISO 14644-4 (Anexo A, sección A.5.3, página 15) sugiere un rango de presión diferencial de 5 a 20 Pa, destacando los riesgos asociados con presiones extremadamente bajas o altas. Además, permite un flujo de presión diferencial reducido a través de orificios específicos. En nuestro proyecto, hemos adoptado estas directrices para establecer presiones diferenciales que permitan un adecuado balance entre los caudales de inyección y extracción, funcionando como una barrera eficaz contra posibles contaminaciones de los productos durante su fabricación.

#### **2.2.5.2 Normas técnicas caudal de aire**

De acuerdo con las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se requiere un mínimo de 20 renovaciones de aire por hora de trabajo (BPM, Artículo 29.11, pág. 118). Para alcanzar las clases de aire B, C y D, la frecuencia de cambios de aire debe ajustarse en función del tamaño de la sala, los equipos instalados y la cantidad de trabajadores presentes (EC-GMP, BPM: 2018, Artículo 3.16, pág. 32).

En las salas limpias de clase 100,000 (ISO 8, según la norma ISO 14644-1), que corresponden a áreas de apoyo, es aceptable mantener al menos 20 cambios de aire por hora. Sin embargo, para clases más exigentes como 100 y 10,000, será necesario

incrementar significativamente los porcentajes de renovaciones de aire (FDA: 2004, Artículo 6.8, pág. 56).

Según los estándares establecidos en las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Artículo 5.41, página 47, se consideran las siguientes directrices clave:

- Utilización del 100% de aire exterior en áreas estériles y salas de producción.
- Mantenimiento de gradientes de presión elevados en las áreas limpias.
- Implementación de zonas con variación de presión negativa, como bloqueos de viento y vestuarios.
- Espacios de producción cerrados con presión positiva hacia los exteriores.
- Equipamiento de áreas estériles con filtros de alta eficiencia (99.995%).
- Control continuo de la humedad relativa, la temperatura y la presión dentro de las salas.

Estos parámetros son esenciales para garantizar un entorno controlado y cumplir con los estándares de calidad exigidos.

### **2.2.5.3 Clasificación de salas limpias**

La figura 15 ilustra los diferentes tipos de estándares ISO relacionados con la limpieza del aire, clasificados según las concentraciones de partículas presentes en el ambiente. Esta representación permite identificar los niveles de pureza requeridos en diversas aplicaciones, asegurando el cumplimiento de los estándares establecidos para salas limpias.

- a) Todas las concentraciones en la tabla son acumulativas. por ejemplo, para la clase ISO 5, las 10 200 partículas mostradas en 0,3 micras incluyen todas las partículas iguales y superiores a este tamaño.
- b) Estas concentraciones conducirán a grandes volúmenes de muestras de aire para la clasificación. Se pueden aplicar procedimientos de toma de muestras secuenciales.

- c) Las concentraciones límite no son aplicables en esta región de la tabla debido a la muy alta concentración de partículas.
- d) Las limitaciones estadísticas y de toma de muestras para las partículas en concentraciones bajas hace inapropiada la clasificación.
- e) Las limitaciones de recogida de muestras tanto para ambas partículas en concentraciones bajas tamaños mayores de 1 micras hace inapropiada la clasificación en este tamaño de partícula debido a las potenciales pérdidas de partículas en el sistema de toma de muestras.
- f) Con fin de especificar este tamaño de partícula en asociación con la clase ISO 5, el descriptor M de macropartículas se puede adaptar y utilizar junto con al menos otro tamaño de partícula.
- g) Esta clase aplicable únicamente para el estado operacional.

**Figura 15**

Clases ISO de limpieza del aire mediante la concentración de partículas

| Número de<br>Clasificación<br>ISO<br>(N) | Concentraciones máximas admisibles (partículas/m <sup>3</sup> ) para partículas<br>iguales o mayores a los tamaños indicados a continuación <sup>a</sup> |                 |                 |                 |                 |           |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
|                                          | 0,1 $\mu m$                                                                                                                                              | 0,2 $\mu m$     | 0,3 $\mu m$     | 0,5 $\mu m$     | 1 $\mu m$       | 5 $\mu m$ |
| 1                                        | 10 <sup>b</sup>                                                                                                                                          | d               | d               | d               | d               | e         |
| 2                                        | 100                                                                                                                                                      | 24 <sup>b</sup> | 10 <sup>b</sup> | d               | d               | e         |
| 3                                        | 1000                                                                                                                                                     | 237             | 102             | 35 <sup>b</sup> | d               | e         |
| 4                                        | 10 000                                                                                                                                                   | 2 370           | 1 020           | 352             | 83 <sup>b</sup> | e         |
| 5                                        | 100 000                                                                                                                                                  | 23 700          | 10 200          | 3 520           | 832             | d, e, f   |
| 6                                        | 1 000 000                                                                                                                                                | 237 000         | 102 000         | 35 200          | 8 320           | 293       |
| 7                                        | c                                                                                                                                                        | c               | c               | 352 000         | 83 200          | 2 930     |
| 8                                        | c                                                                                                                                                        | c               | c               | 3 520 000       | 832 000         | 29 300    |
| 9 <sup>g</sup>                           | c                                                                                                                                                        | c               | c               | 35 200 000      | 8 320 000       | 293 000   |

Fuente: Beckman & Coulter, Clases ISO de limpieza (2022)

#### 2.2.5.4 Control de Material Particulado

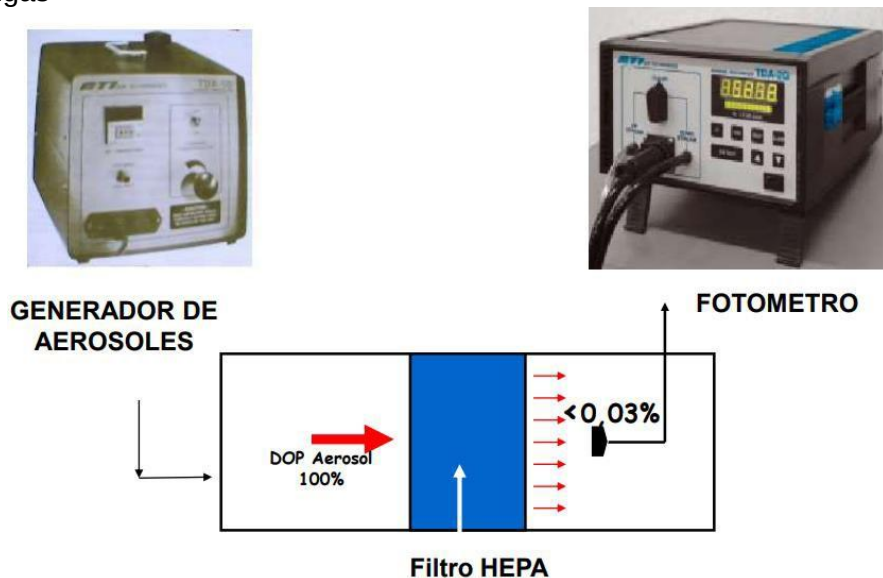
Para verificar la integridad de los filtros HEPA, se realiza una prueba de estanqueidad que permite evaluar su capacidad para retener partículas y detectar posibles fugas en las conexiones con la red de conductos. Según PCE Instruments (2020), la prueba de fugas es el método más eficiente para garantizar la eficacia de un filtro HEPA. Este

procedimiento se lleva a cabo utilizando equipos estándar, como fotómetros y alternadores neumáticos, en conformidad con la norma ISO 14644-3.

La eficacia de los filtros HEPA se mide utilizando Ftalato de Dioctilo (FDO) para generar partículas de polvo de 0.3 micrómetros mediante procesos de evaporación y condensación. Estas partículas permiten evaluar el estado del filtro, ya que su paso a través de este indicaría una posible contaminación del área protegida.

Un ejemplo de equipo utilizado es el fotómetro portátil modelo TDA 2H, que realiza pruebas DOP/PAO en los filtros HEPA. Este dispositivo trabaja en conjunto con generadores de aerosol, posicionándose frente al filtro para medir la penetración de partículas y detectar la dispersión de luz causada por dichas partículas, asegurando la precisión del análisis como se observa en la figura 16.

**Figura 16**  
Test de fugas



Fuente: PCE Instrument, Método de fugas (2020)

## 2.2.6 Dimensionamiento de ductos

Para el dimensionamiento de conductos se tiene 3 métodos expuesto por ASHRAE en el libro de “Duct System Desing Guide (2021)”.

Método de fricción igual: Este método consiste en dimensionar los ductos de suministro y retorno bajo el principio de considerar una presión constante en todas las

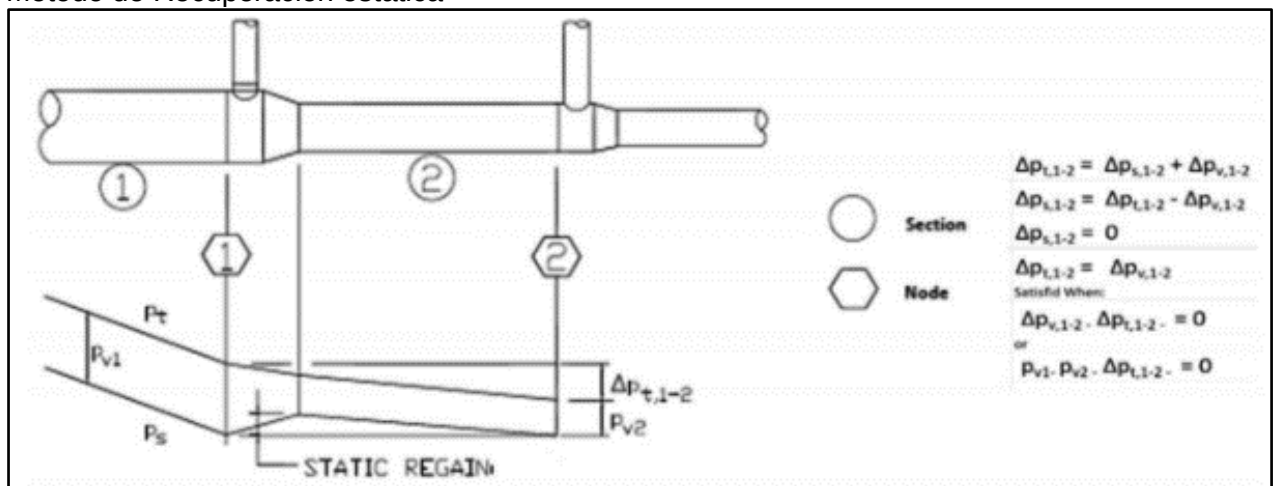
secciones de los ductos dentro de un rango de 0.08" C. a y 0.2" C. a, pudiendo variar su velocidad de forma constante pero no su caída de presión por cada 100 pies.

$$\Delta p_t = P_v \left[ \left( \frac{12fL}{D_h} \right) + \left( \sum_{i=1}^N C_i \right) \right] \quad (Ec. 15)$$

Método de Recuperación estática: Este método de diseño de conductos de recuperación estática es aplicable únicamente a sistema de suministro de aire, este método utiliza el principio de conservación del momento en la que aumenta la presión estática cuando se reduce la presión dinámica, lo podemos observar en la figura 17.

$$p_{s2} - p_{s1} = \left[ \rho \left( \frac{V_1}{1097} \right)^2 - \rho \left( \frac{V_2}{1097} \right)^2 \right] - \Delta p_{t;1-2} \cong 0 \quad (Ec. 16)$$

**Figura 17**  
Método de Recuperación estática



Fuente: ASHRAE, Duct System Desing Guide (2021)

Método de la velocidad constante: El método de diseño de conductos por velocidad constante es aplicable únicamente para sistemas industriales en la cual está compuesto para la extracción o eliminación de humo / vapores, traslación de partículas que pueden adherirse en los conductos por resistencia.

$$Q = A * V \quad (Ec. 17)$$

Para ello, se debe conocer inicialmente el caudal de aire y la velocidad para tener la siguiente expresión.

En la figura 18 podemos observar un cuadro comparativo de beneficios de los métodos aplicables:

**Figura 18**  
Métodos de diseño de ductos

| Table 2-1 Duct Design Methods |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Design Method                 | Duct Sizing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Notes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Equal friction                | A section's duct size is based on the chosen friction loss rate (in. of water per 100 ft of duct) for all duct sections, or the duct size at the fan is selected based on the maximum air velocity so that aerodynamic noise is not a problem. Then the friction rate for that section is used to size all the other sections.                                                                                                                                                                                                         | Feasible when done semiautomatically, using a spreadsheet such as those referenced in Chapter 3 or the DFDB (ASHRAE 2016) to get fitting loss coefficients, as the DFDB also calculates density, velocity, velocity pressure, and the friction loss of straight duct.<br><br>Can be used with round, flat oval, or rectangular ductwork. It is recommended that equal friction designs be balanced. This requires resistance being added to non-critical paths with dampers, smaller duct sizes, or less-efficient fittings being selected. Calculations may be tedious and time consuming. Systems will be easier to balance if the velocity is limited to 1500 fpm.<br><br>Can be used to design supply, return, or exhaust systems. |
| Static regain                 | The duct size at the fan is selected based on the maximum air velocity so that aerodynamic noise is not a problem. Other main ducts are sized to achieve static regain from section to section. The branches are also sized by static regain using the entering junction velocity as the starting point.<br><br>A minimum static pressure is maintained at the terminal sections so that sufficient energy is available for proper operation of variable-air-volume (VAV) air terminal units or constant-velocity (airflow) diffusers. | For use with computer programs linked to the DFDB (ASHRAE 2016). An iterative solution is required to determine the duct size of each main section.<br><br>Can be used with round, flat oval, or rectangular ductwork. This method is self-balancing because the change in total pressure is equal to the change in velocity pressure, which causes the change in static pressure to be zero.<br><br>Use of this method on low-pressure systems is limited.<br><br>Only applicable to supply systems.                                                                                                                                                                                                                                  |
| Constant velocity             | The duct size is based upon maintaining a constant-velocity exhaust system upstream of particle collectors.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Applications are exhaust systems conveying fumes or particulates.<br><br>Balance is obtained by using gate dampers in non-particulate airstreams and increasing flow rates in particulate-conveying systems where additional resistance is required.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fuente: Duct System Desing Guide (2021)

### 2.2.7 Cálculo de caída de presión

Según el libro de SMACNA (2024) nos explica que el cálculo de caída de presión de todo el sistema es esencial para poder asegurar que el ventilador seleccionado pueda vencer la resistencia y fricción por conductos, sin un adecuado cálculo el sistema puede presentar caudales por debajo de lo diseño o un desbalance estático.

La caída de presión total de los accesorios tiene la siguiente formula y se puede observar en la figura 19.

$$TP = C * V_p \quad (Ec.18)$$

Donde

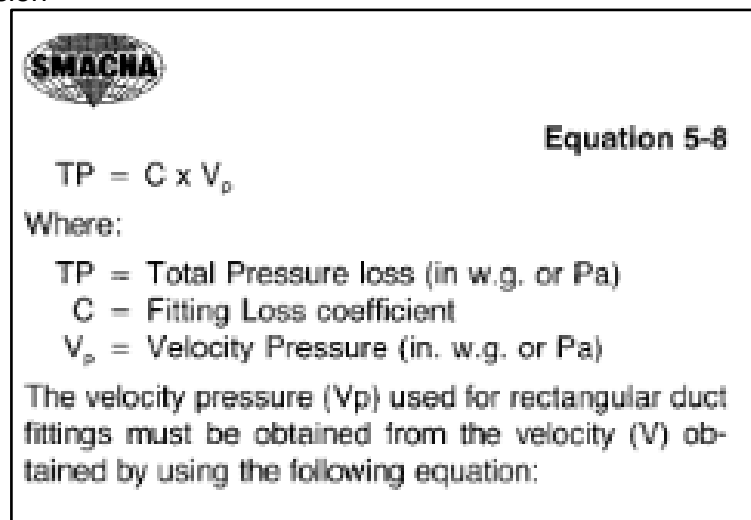
TP = Presion total perdida

C = Coeficiente de pérdida de ajuste

$V_p$  = Velocidad de presión

### Figura 19

Pérdida de presión



Fuente: SMACNA, Duct design fundamentals (2022)

La caída de presión por velocidad tiene una relación directa con la velocidad que se puede utilizar la siguiente tabla a densidad estándar y 0 metros sobre el nivel del mar que observamos en la figura 20.

$$V = 4005\sqrt{V_p} \quad (Ec.19)$$

**Figura 20**  
Presiones de velocidad

| DUCT DESIGN TABLES AND CHARTS                         |                                 |                 |                                 |                 |                                 |                 |                                 |                 |                                 |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Table 14-6 VELOCITIES/VELOCITY PRESSURES (U.S. Units) |                                 |                 |                                 |                 |                                 |                 |                                 |                 |                                 |
| Velocity<br>fpm                                       | Velocity<br>Pressure<br>in. wg. | Velocity<br>fpm | Velocity<br>Pressure<br>in. wg. | Velocity<br>fpm | Velocity<br>Pressure<br>in. wg. | Velocity<br>fpm | Velocity<br>Pressure<br>in. wg. | Velocity<br>fpm | Velocity<br>Pressure<br>in. wg. |
| 300                                                   | 0.01                            | 2050            | 0.26                            | 3800            | 0.90                            | 5550            | 1.92                            | 7300            | 3.32                            |
| 350                                                   | 0.01                            | 2100            | 0.27                            | 3850            | 0.92                            | 5600            | 1.95                            | 7350            | 3.37                            |
| 400                                                   | 0.01                            | 2150            | 0.29                            | 3900            | 0.95                            | 5650            | 1.99                            | 7400            | 3.41                            |
| 450                                                   | 0.01                            | 2200            | 0.30                            | 3950            | 0.97                            | 5700            | 2.02                            | 7450            | 3.46                            |
| 500                                                   | 0.02                            | 2250            | 0.32                            | 4000            | 1.00                            | 5750            | 2.06                            | 7500            | 3.51                            |
| 550                                                   | 0.02                            | 2300            | 0.33                            | 4050            | 1.02                            | 5800            | 2.10                            | 7550            | 3.55                            |
| 600                                                   | 0.02                            | 2350            | 0.34                            | 4100            | 1.05                            | 5850            | 2.13                            | 7600            | 3.60                            |
| 650                                                   | 0.03                            | 2400            | 0.36                            | 4150            | 1.07                            | 5900            | 2.17                            | 7650            | 3.65                            |
| 700                                                   | 0.03                            | 2450            | 0.37                            | 4200            | 1.10                            | 5950            | 2.21                            | 7700            | 3.70                            |
| 750                                                   | 0.04                            | 2500            | 0.39                            | 4250            | 1.13                            | 6000            | 2.24                            | 7750            | 3.74                            |
| 800                                                   | 0.04                            | 2550            | 0.41                            | 4300            | 1.15                            | 6050            | 2.28                            | 7800            | 3.79                            |
| 850                                                   | 0.05                            | 2600            | 0.42                            | 4350            | 1.18                            | 6100            | 2.32                            | 7850            | 3.84                            |
| 900                                                   | 0.05                            | 2650            | 0.44                            | 4400            | 1.21                            | 6150            | 2.36                            | 7900            | 3.89                            |
| 950                                                   | 0.06                            | 2700            | 0.45                            | 4450            | 1.23                            | 6200            | 2.40                            | 7950            | 3.94                            |
| 1000                                                  | 0.06                            | 2750            | 0.47                            | 4500            | 1.26                            | 6250            | 2.43                            | 8000            | 3.99                            |
| 1050                                                  | 0.07                            | 2800            | 0.49                            | 4550            | 1.29                            | 6300            | 2.47                            | 8050            | 4.04                            |
| 1100                                                  | 0.08                            | 2850            | 0.51                            | 4600            | 1.32                            | 6350            | 2.51                            | 8100            | 4.09                            |
| 1150                                                  | 0.08                            | 2900            | 0.52                            | 4650            | 1.35                            | 6400            | 2.55                            | 8150            | 4.14                            |
| 1200                                                  | 0.09                            | 2950            | 0.54                            | 4700            | 1.38                            | 6450            | 2.59                            | 8200            | 4.19                            |
| 1250                                                  | 0.10                            | 3000            | 0.56                            | 4750            | 1.41                            | 6500            | 2.63                            | 8250            | 4.24                            |
| 1300                                                  | 0.11                            | 3050            | 0.58                            | 4800            | 1.44                            | 6550            | 2.67                            | 8300            | 4.29                            |
| 1350                                                  | 0.11                            | 3100            | 0.60                            | 4850            | 1.47                            | 6600            | 2.71                            | 8350            | 4.35                            |
| 1400                                                  | 0.12                            | 3150            | 0.62                            | 4900            | 1.50                            | 6650            | 2.76                            | 8400            | 4.40                            |
| 1450                                                  | 0.13                            | 3200            | 0.64                            | 4950            | 1.53                            | 6700            | 2.80                            | 8450            | 4.45                            |
| 1500                                                  | 0.14                            | 3250            | 0.66                            | 5000            | 1.56                            | 6750            | 2.84                            | 8500            | 4.50                            |
| 1550                                                  | 0.15                            | 3300            | 0.68                            | 5050            | 1.59                            | 6800            | 2.88                            | 8550            | 4.56                            |
| 1600                                                  | 0.16                            | 3350            | 0.70                            | 5100            | 1.62                            | 6850            | 2.92                            | 8600            | 4.61                            |
| 1650                                                  | 0.17                            | 3400            | 0.72                            | 5150            | 1.65                            | 6900            | 2.97                            | 8650            | 4.66                            |
| 1700                                                  | 0.18                            | 3450            | 0.74                            | 5200            | 1.69                            | 6950            | 3.01                            | 8700            | 4.72                            |
| 1750                                                  | 0.19                            | 3500            | 0.76                            | 5250            | 1.72                            | 7000            | 3.05                            | 8750            | 4.77                            |
| 1800                                                  | 0.20                            | 3550            | 0.79                            | 5300            | 1.75                            | 7050            | 3.10                            | 8800            | 4.83                            |
| 1850                                                  | 0.21                            | 3600            | 0.81                            | 5350            | 1.78                            | 7100            | 3.14                            | 8850            | 4.88                            |
| 1900                                                  | 0.22                            | 3650            | 0.83                            | 5400            | 1.82                            | 7150            | 3.19                            | 8900            | 4.94                            |
| 1950                                                  | 0.24                            | 3700            | 0.85                            | 5450            | 1.85                            | 7200            | 3.23                            | 8950            | 4.99                            |
| 2000                                                  | 0.25                            | 3750            | 0.88                            | 5500            | 1.89                            | 7250            | 3.28                            | 9000            | 5.05                            |

Velocity = 4005  $\sqrt{V_p}$  (or)  $V_p = \left(\frac{\text{Velocity}}{4005}\right)^2$

Fuente: SMACNA, Duct design fundamentals (2022)

Sin embargo, en la presente utilizaremos la fórmula considerando la densidad del aire evidenciado en la figura 21.

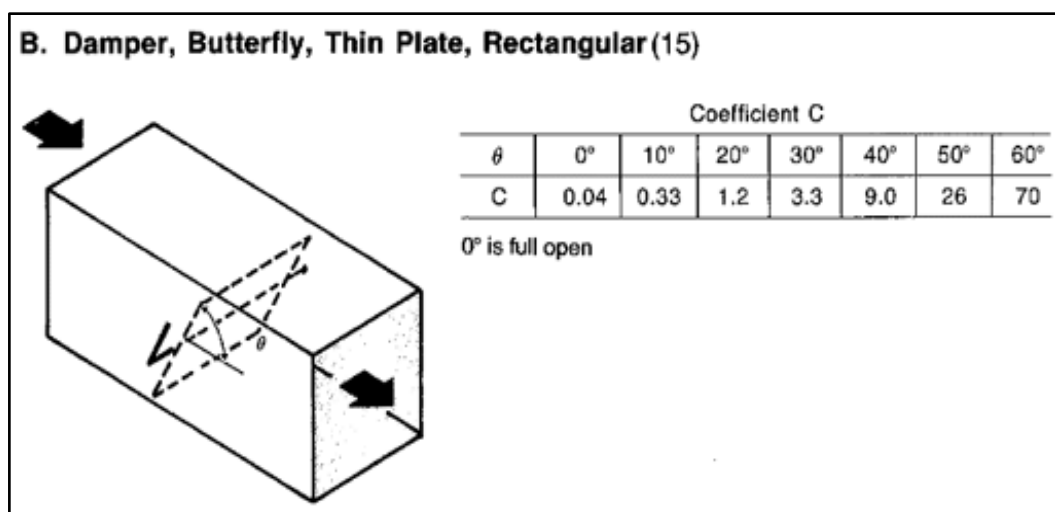
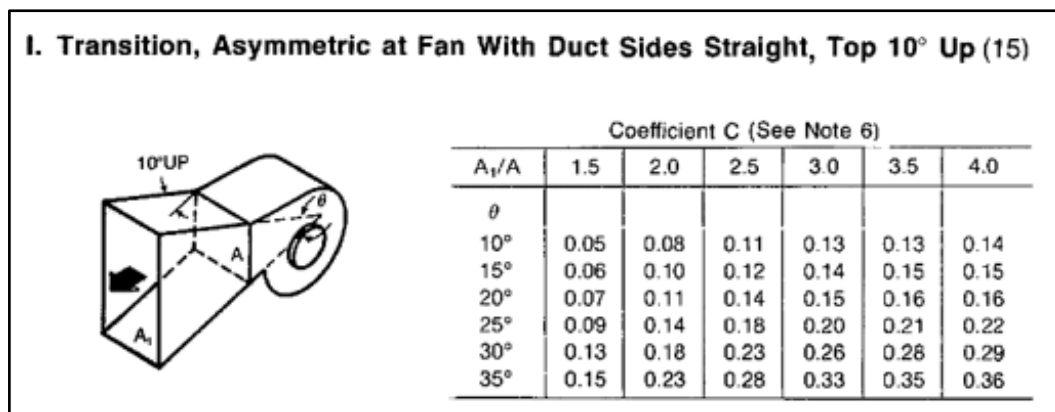
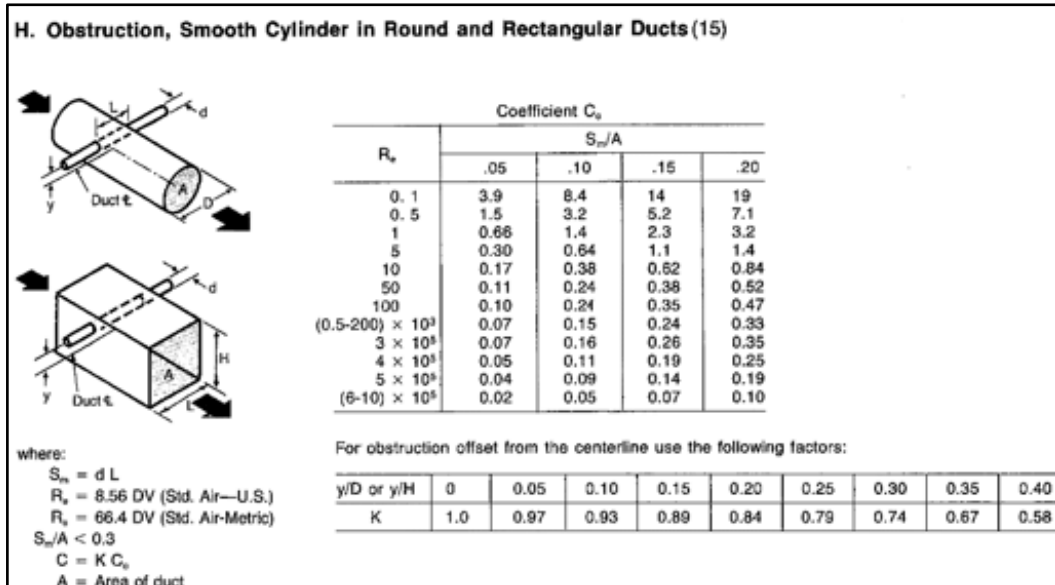
**Figura 21**  
Ecuación del aire

| DUCT DESIGN TABLES AND CHARTS             |                                           |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| HVAC EQUATIONS<br>(U.S. UNITS)            |                                           |
| Table 14-19 AIR EQUATIONS                 |                                           |
| a) $V = 1096 \sqrt{\frac{V_p}{d}}$        | V = Velocity (fpm)                        |
| or for standard air (d = 0.075 lb/cu ft): | $V_p$ = Velocity Pressure (in. w.g.)      |
| $V = 4005 \sqrt{V_p}$                     | d = Density (lb/cu ft)                    |
| To solve for "d":                         | $P_h$ = Absolute Static Pressure (in. Hg) |
| $d = 1.325 \frac{P_h}{T}$                 | (Barometric pressure + static pressure)   |
|                                           | T = Absolute Temp. (460° + °F)            |

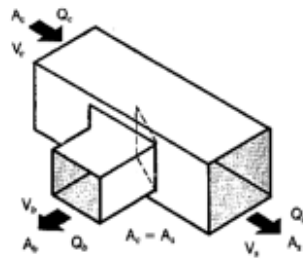
Fuente: SMACNA, Duct design fundamentals (2022)

A continuación, en las siguientes figuras se detallará los coeficientes de pérdida.

**Figura 22**  
Accesorios



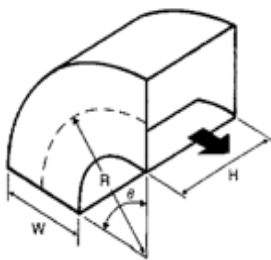
**P. Tee, 45° Entry, Rectangular Main and Branch with Damper**



| $V_2/V_1$ | Branch, Coefficient C (See Note 8) |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-----------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|           | $Q_2/Q_1$                          |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|           | 0.1                                | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  |  |
| 0.2       | 0.61                               |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 0.4       | 0.46                               | 0.61 |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 0.6       | 0.43                               | 0.50 | 0.54 |      |      |      |      |      |      |  |
| 0.8       | 0.39                               | 0.43 | 0.62 | 0.53 |      |      |      |      |      |  |
| 1.0       | 0.34                               | 0.57 | 0.77 | 0.73 | 0.68 |      |      |      |      |  |
| 1.2       | 0.37                               | 0.64 | 0.85 | 0.98 | 1.07 | 0.83 |      |      |      |  |
| 1.4       | 0.57                               | 0.71 | 1.04 | 1.16 | 1.54 | 1.36 | 1.18 |      |      |  |
| 1.6       | 0.89                               | 1.08 | 1.28 | 1.30 | 1.69 | 2.09 | 1.81 | 1.47 |      |  |
| 1.8       | 1.33                               | 1.34 | 2.04 | 1.78 | 1.90 | 2.40 | 2.77 | 2.23 | 1.92 |  |

For Main Loss Coefficient (C) see Fitting 14-14S (Page 14.38)

**F. Elbow, Rectangular, Smooth Radius without Vanes (15)**



Coefficients for 90° elbows: (See Note 1)

| R/W  | Coefficient C (See Note 3) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | H/W                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|      | 0.25                       | 0.5  | 0.75 | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 3.0  | 4.0  | 5.0  | 6.0  | 8.0  |
| 0.5  | 1.5                        | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 1.1  | 1.0  | 1.0  | 1.1  | 1.1  | 1.2  | 1.2  |
| 0.75 | 0.57                       | 0.52 | 0.48 | 0.44 | 0.40 | 0.39 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.44 |
| 1.0  | 0.27                       | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.27 | 0.21 |
| 1.5  | 0.22                       | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.17 |
| 2.0  | 0.20                       | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.15 |

Fuente: SMACNA, Duct design fundamentals (2022)

### 3. CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

#### 3.1 Condiciones geográficas del lugar

En la tabla 6 se indica las condiciones ambientales establecidas para la temperatura crítica de verano en la ciudad de Ate – Lima.

**Tabla 6**  
Condiciones ambientales exteriores.

| Factores                    | Valores         |
|-----------------------------|-----------------|
| Lugar                       | Ate – Lima      |
| Altitud                     | 280 msnm        |
| HR %                        | 80              |
| Temperatura de bulbo seco   | 30° C (86°F)    |
| Temperatura de bulbo húmedo | 27.08° C (80°F) |
| Velocidad de aire promedio  | 12 km/h         |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), datos hidrometereológicos (2021)

El estudio se lleva a cabo en Ate, un distrito de la provincia y departamento de Lima. A una altitud de más de 280 metros sobre el nivel del mar, Ate.

#### 3.2 Condiciones interiores

Para determinar las condiciones ambientales dentro de la sala, primero se debe clasificar el tipo de área en la que se trabajará. En este caso, guiándonos de la figura 23 se considera un área de clase ISO 8 (clase D), ya que los productos a fabricar son pastillas, perteneciente a la línea sólidos y a la categoría de sólidos no estériles. Según las normas ISO, la temperatura y la humedad para esta clasificación son de 22°C ± 2°C y 45±15 % HR, respectivamente.

Se asumirá un sistema recirculante ya que esto permite un control preciso de la temperatura y humedad dentro del área de fabricación.

Además, que previene la contaminación cruzada entre diferentes productos o lotes de pastillas. Esto se logra mediante la filtración del aire y la eliminación de partículas y contaminantes.

**Figura 23**  
*Condiciones de sala limpias*

| INDUSTRIA FARMACÉUTICA |                                                                                                 |             |                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| CLASE                  | Línea de fabricación o actividad                                                                | Esterilidad | Flujos                                |
| ISO - Clase 5          | Inyectables<br>Parenterales                                                                     | Estéril     | Cascada (+)                           |
| ISO - Clase 6          | Vestidores (entornos a SO-5)<br>Esclusas de materiales<br>Esclusas de vestido                   | Estéril     | Cascada (+)                           |
| ISO - Clase 7          | Oftálmicos<br>Laboratorio Microbiología<br>Laboratorio Biológicos                               | Estéril     | Cascada (+)                           |
| ISO - Clase 8          | Sólidos Orales<br>Líquidos Orales<br>Semisólidos<br>Efervescentes<br>Acondicionamiento Primario | No estéril  | Cascada (+)<br>Polvos<br>Negativo (-) |
| ISO - Clase 9          | Acondicionamiento Secundario                                                                    | No estéril  | Cascada (+)                           |
| Sin clase              | Almacén                                                                                         | No estéril  | Cascada (+)                           |
| Sin clase              | Laboratorio CQ                                                                                  | No estéril  | Cascada (+)                           |

Fuente: PCE Instrument, Método test de fugas (2020)

En la tabla 7 se muestra un listado de áreas que se van a climatizar con sus respectivas condiciones.

**Tabla 7**  
*Listado de salas a climatizar*

| Sala                            | Área<br>(m2) | Altura<br>(m) | Clasificación<br>de la sala | Temperatura | Humedad    | Renovación<br>(N) | C. Filtro<br>Final % |
|---------------------------------|--------------|---------------|-----------------------------|-------------|------------|-------------------|----------------------|
| Granulación y Mezclas           | 31.65        | 3             | ISO8(D)                     | 22°C ± 2°C  | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h        | 90-95                |
| Ducha de Aire GyM               | 0.60         | 3             | ISO8(D)                     | 22°C ± 2°C  | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h        | 90-95                |
| Esclusa 2 GyM                   | 0.93         | 3             | ISO8(D)                     | 22°C ± 2°C  | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h        | 90-95                |
| Esclusa 1 GyM                   | 0.85         | 3             | ISO8(D)                     | 22°C ± 2°C  | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h        | 90-95                |
| Esclusa Ingreso Personal<br>GyM | 1.33         | 3             | ISO8(D)                     | 22°C ± 2°C  | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h        | 90-95                |
| PassBox GyM                     | 0.90         | 3             | ISO8(D)                     | 22°C ± 2°C  | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h        | 90-95                |

|                                     |       |   |         |            |            |            |       |
|-------------------------------------|-------|---|---------|------------|------------|------------|-------|
| <b>Lavadero</b>                     | 3.31  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Ingreso Lavadero</b>     | 1.27  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Salida Lavadero</b>      | 0.95  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Recubrimiento /</b>              | 14.96 | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Tableteado / Encapsulado</b>     |       |   |         |            |            |            |       |
| <b>Esclusa Materiales RTE</b>       | 1.08  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Ducha de Aire RTE</b>            | 0.60  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa 2 RTE</b>                | 1.49  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa 1 RTE</b>                | 1.74  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Ingreso Personal RTE</b> | 2.49  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Pasadizo General</b>             | 25.13 | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Ingreso Materiales</b>   | 6.50  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Envasado</b>                     | 9.89  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Materiales Env</b>       | 0.70  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Ducha de Aire Env</b>            | 0.60  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa 1 Env</b>                | 0.91  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa 2 Env</b>                | 1.20  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | 45±15 % HR | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Acondicionado</b>                | 19.73 | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Salida Materiales</b>    | 14.06 | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Ingreso</b>              | 5.30  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Fabricación</b>                  |       |   |         |            |            |            |       |
| <b>Pasadizo 1</b>                   | 10.19 | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Lavadero de Limpieza</b>         | 1.13  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Vestidores</b>           | 2.26  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Vestidor Ingreso</b>             | 12.43 | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Esclusa Ingreso Vestidor</b>     | 2.03  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |
| <b>Vestidor Salida</b>              | 9.88  | 3 | ISO8(D) | 22°C ± 2°C | N/A        | 6-20 Ren/h | 90-95 |

Fuente: Propia

### 3.3 Condiciones generales

- Cantidad de personas: 37

- Ganancia de calor por personas (Carrier, 2015)
  - Calor sensible: 364.84 BTU/h - 92 Kcal/h por persona
  - Calor latente: 384.67 BTU/h - 97 Kcal/h por persona
- Área de local: 210.01 m<sup>2</sup>
- Altura de local: 3 m
- Latitud: SUR
- Grados: 12°
- Temperatura del exterior: 30° C
- HR exterior: 80%
- Temperatura interior: 22° C
- HR interior: 55%
- Otras propiedades interiores:
- Variaciones de temperatura exterior en 24 h: 8° C
- Número de horas funcionamiento: 16
- Altitud (m.s.n.m.): 280
- Factor de atmosfera no muy limpia (0.85 a 1.0): 0.9
- Factor de carga de enfriamiento: 1

### 3.4 Cálculo de la radiación solar

Los cálculos de coeficientes globales se realizarán por el método de diferencia equivalente de temperatura, los parámetros necesarios se muestran en la tabla 8

**Tabla 8**  
*Tabla de coeficientes globales*

| DATOS                | Peso Específico      | RESISTENCIA         |               |
|----------------------|----------------------|---------------------|---------------|
|                      | (kg/m <sup>2</sup> ) | Por (m) del espesor | Espesor x10-3 |
| Ladrillos Ordinarios | 1920                 | 16.4                |               |
| Cementos             | 1856                 | 1.6                 |               |
| Concretos            | 1856                 | 1.6                 |               |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Aire quieto posición horizontal | 125 |
| flujo ascendente                |     |
| Aire quieto posición vertical   | 140 |
| flujo horizontal                |     |
| Aire quieto posición horizontal | 190 |
| flujo descendente               |     |
| Aire en movimiento (12Km/h)     | 52  |
| Exterior - verano               |     |

Fuente: Carrier, Manual de aire acondicionado (2015)

Los cálculos se efectuarán a través de esta formula

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad K = \frac{1}{R_{total}} \quad (Ec. 15)$$

- Paredes exteriores**

$$R_{total} = R_{viento\ ext} + R_{enlucido\ ext} + R_{concreto} + R_{enlucido\ int} + R_{viento\ int}$$

$$R_{total} = 52 * 10^{-3} + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 150 * 10^{-3} * 1.6 + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 140 * 10^{-3}$$

$$R_{total} = 496 * 10^{-3}$$

$$K = \frac{1}{R_{total}} = 2.016 \left( \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C} \right)$$

- Paredes interiores**

$$R_{total} = R_{viento\ int} + R_{enlucido\ int} + R_{concreto} + R_{enlucido\ int} + R_{viento\ int}$$

$$R_{total} = 140 * 10^{-3} + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 150 * 10^{-3} * 1.6 + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 140 * 10^{-3}$$

$$R_{total} = 584 * 10^{-3}$$

$$K = \frac{1}{R_{total}} = 1.712 \left( \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C} \right)$$

- Pisos**

$$R_{total} = R_{viento\ ext} + R_{enlucido\ ext} + R_{concreto} + R_{enlucido\ int} + R_{viento\ int}$$

$$R_{total} = 52 * 10^{-3} + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 200 * 10^{-3} * 1.6 + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 190 * 10^{-3}$$

$$R_{total} = 626 * 10^{-3}$$

$$K = \frac{1}{R_{total}} = 1.597 \left( \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C} \right)$$

- Pisos interiores**

$$R_{total} = R_{viento\ int} + R_{enlucido\ int} + R_{concreto} + R_{enlucido\ int} + R_{viento\ int}$$

$$R_{total} = 125 * 10^{-3} + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 200 * 10^{-3} * 1.6 + 20 * 10^{-3} * 1.6 + 125 * 10^{-3}$$

$$R_{total} = 634 * 10^{-3}$$

$$K = \frac{1}{R_{total}} = 1.577 \left( \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C} \right)$$

### 3.5 Determinación del día de mayor aportación solar

En la tabla 9, se muestra la interpolación para una latitud sur de 12° solo para el caso de paredes y techos exteriores en estudio.

Además, a las interpolaciones obtenidas se les multiplicara por el factor 1.07

**Tabla 9**  
*Aportación solar*

| Latitud Sur   | 22-Dic | 21-Ene | 20-Feb | 22-Mar | 20-Abr | 21-May | 21-Jun |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10°           | 420    | 428    | 442    | 444    | 420    | 387    | 371    |
| 12°           | 422.8  | 430.8  | 443    | 443.6  | 415.6  | 379    | 362.4  |
| 20°           | 434    | 442    | 447    | 442    | 398    | 347    | 328    |
| <b>Factor</b> |        |        |        |        |        |        |        |
| 1.07          | 452.40 | 460.96 | 443    | 443.6  | 415.6  | 379    | 362.4  |

Fuente: Propia

- **Flujos radiantes por medio de una pared (Este)**

El flujo de calor esta dado por la siguiente fórmula:

$$Q = K * A * \Delta T_{eq} \quad (Ec. 16)$$

$$\Delta T_{eq} = a + \Delta T_{es} + b * \frac{R_s}{R_m} * (\Delta T_{em} - \Delta T_{es}) \quad (Ec. 17)$$

Donde:

$\Delta T_{eq}$  = Diferencia equivalente corregida (°C)

$a$  = Correccion teniendo en cuenta un incremneto de 8°C

$\Delta T_{es}$  = Diferencia equivalente de temperatuira a la hora considerada pared sombra

$\Delta T_{em}$  = Diferencia equivalente de temperatuira a la hora considerada pared soleada

$b =$  Coeficiente de color de cara exterior

$R_s =$  Maxima insolacion correspondientes al mes y latitud supuestos ( $\frac{Kcal}{h * m^2}$ )

$R_m =$  Maxima insolacion en el mes de Julio a 40° L Norte ( $\frac{Kcal}{h * m^2}$ )

Calculando:

Usando tabla 20-A de Carrier (2015)

$R_s = (Max\ aportacion\ solar) * (F.atm) * (F.altitud) * (F.pto\ rocío)$  (Ec. 18)

$$R_s = (460.96) * (0.9) * \left(1 + 0.7\% + \frac{100}{300}\right) * \left(1 + \frac{19.5 - 26.164}{10} * 0.14\right)$$

$$R_s = 382.786 \frac{kcal}{h * m^2}$$

$$R_m = 444 \frac{kcal}{h * m^2}$$

$$b = 0.55 \text{ (blanco)}$$

$$\Delta T = Temp_{ext\ 15h} - Temp_{int\ sala} = 30 - 22 = 8^\circ C$$

$$\Delta T_{24horas} = Temp_{max} - Temp_{min} = 30 - 22 = 8^\circ C$$

$$a = 1.2$$

Por lo tanto

$$\Delta T_{eq} = 1.2 + \Delta T_{es} + 0.4742 * (\Delta T_{em} - \Delta T_{es})$$

$$\Delta T_{eq} = 1.2 + 0.5258 * \Delta T_{es} + 0.4742 * \Delta T_{em}$$

Los valores  $\Delta T_{es}$  y  $\Delta T_{em}$  dependen del peso específico del material y se interpolaron de la tabla de temperatura equivalente de libro de Carrier.

En la tabla 10 podemos observar los valores interpolados para nuestro análisis.

**Tabla 10**

Interpolación de temperatura equivalente (DTE)

| HORA  | $\Delta T_{em}$ | $\Delta T_{es}$ | $\Delta T_{eq}$ |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 01:00 | 3.8265          | 1.2579          | 3.6759          |
| 02:00 | 3.2265          | 0.8158          | 3.1590          |
| 03:00 | 2.7002          | 0.2895          | 2.6327          |
| 04:00 | 2.5686          | -0.0789         | 2.3765          |

|       |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|
| 05:00 | 1.9686  | -0.6789 | 1.7765  |
| 06:00 | 1.8370  | -1.1210 | 1.4817  |
| 07:00 | 1.3949  | -1.1210 | 1.2720  |
| 08:00 | 0.8686  | -1.6210 | 0.7596  |
| 09:00 | 0.8686  | -1.2526 | 0.9533  |
| 10:00 | 0.8686  | -0.8105 | 1.1857  |
| 11:00 | 1.6790  | -0.3684 | 1.8025  |
| 12:00 | 2.4895  | 0.0000  | 2.3805  |
| 13:00 | 3.9000  | 1.3842  | 3.7772  |
| 14:00 | 5.2105  | 2.7210  | 5.1015  |
| 15:00 | 9.2577  | 3.6894  | 7.5299  |
| 16:00 | 12.3734 | 4.6314  | 9.5027  |
| 17:00 | 16.3996 | 5.2314  | 11.7274 |
| 18:00 | 19.2785 | 5.6735  | 13.3250 |
| 19:00 | 20.4575 | 5.6735  | 13.8841 |
| 20:00 | 18.8419 | 6.0946  | 13.3394 |
| 21:00 | 15.4421 | 5.0789  | 11.1931 |
| 22:00 | 10.3476 | 4.1105  | 8.2681  |
| 23:00 | 6.8423  | 3.1684  | 6.1106  |
| 00:00 | 4.4844  | 2.2000  | 4.4833  |

Fuente: Propia

Calculando los valores de carga por radiación solar a través de las paredes exteriores. Se usa los mismos valores, ya que las paredes son del mismo material.

En la tabla 11, nos muestra como está determinado la hora de mayores aportaciones por el sol, obteniéndose que para las 19 horas el mayor aporte con un valor de  $1321.841 \left(\frac{Kcal}{h}\right)$ .

**Tabla 11**  
*Cálculo de radiación solar (Oeste)*

| HORA  | $\Delta T_{eq}$ | Oeste   |
|-------|-----------------|---------|
| 01:00 | 3.6759          | 349.969 |
| 02:00 | 3.1590          | 300.750 |

|              |         |          |
|--------------|---------|----------|
| <b>03:00</b> | 2.6327  | 250.643  |
| <b>04:00</b> | 2.3765  | 226.260  |
| <b>05:00</b> | 1.7765  | 169.137  |
| <b>06:00</b> | 1.4817  | 141.065  |
| <b>07:00</b> | 1.2720  | 121.105  |
| <b>08:00</b> | 0.7596  | 72.315   |
| <b>09:00</b> | 0.9533  | 90.757   |
| <b>10:00</b> | 1.1857  | 112.888  |
| <b>11:00</b> | 1.8025  | 171.606  |
| <b>12:00</b> | 2.3805  | 226.639  |
| <b>13:00</b> | 3.7772  | 359.610  |
| <b>14:00</b> | 5.1015  | 485.693  |
| <b>15:00</b> | 7.5299  | 716.887  |
| <b>16:00</b> | 9.5027  | 904.706  |
| <b>17:00</b> | 11.7274 | 1116.510 |
| <b>18:00</b> | 13.3250 | 1268.614 |
| <b>19:00</b> | 13.8841 | 1321.841 |
| <b>20:00</b> | 13.3394 | 1269.983 |
| <b>21:00</b> | 11.1931 | 1065.649 |
| <b>22:00</b> | 8.2681  | 787.173  |
| <b>23:00</b> | 6.1106  | 581.760  |
| <b>00:00</b> | 4.4833  | 426.832  |

Fuente: Propia

### 3.6 Cálculo de cargas térmicas totales

#### 3.6.1 Calor por conducción a través de paredes interiores

La ecuación 16 se empleará para calcular los valores correspondientes a la carga térmica generada por las paredes interiores. Asimismo, se considerará el techo como si fuera un piso, dado que no está expuesto a la radiación solar directa.

$$Q = K * A * \Delta T \quad (Ec\ 16)$$

Para resolver las siguientes ecuaciones se tomará el valor “K” obtenido anteriormente en el enunciado 5.4, que se representan en la tabla 12.

**Tabla 12**  
*Resumen de constantes “K”*

|                       | Constante “K” | Area (m2) |
|-----------------------|---------------|-----------|
| <b>Pared exterior</b> | 2.016         | 163.92    |
| <b>Pared interior</b> | 1.712         | 299.92    |
| <b>Piso</b>           | 1.597         | 210.014   |
| <b>Piso interior</b>  | 1.577         | 210.014   |

Fuente: Propia

- **Pared interior**

$$Q = 1.712 * A * \Delta T$$

$$Q = 1.712 * 299.92 * 4$$

$$Q = 2053.852 \text{ Kcal/h}$$

- **Piso**

$$Q = 1.577 * A * \Delta T$$

$$Q = 1.577 * 210.014 * 4$$

$$Q = 1324.768 \text{ Kcal/h}$$

- **Techo**

$$Q = 1.597 * A * \Delta T$$

$$Q = 1.597 * 210.014 * 4$$

$$Q = 1341.569 \text{ Kcal/h}$$

- **Pared exterior**

$$Q = 2.016 * A * \Delta T$$

$$Q = 2.016 * 163.92 * 4$$

$$Q = 1321.841 \text{ Kcal/h}$$

### 3.6.2 Calor por personas

Nos apoyamos del manual de Carrier, donde:

- Calor sensible: 92 Kcal/h x persona
- Calor latente: 97 Kcal/h x persona

Como obtenemos como aforo máximo de personas 37, entonces procedemos a calcular con el máximo aforo posible, con esto obtenemos

- Calor sensible: 3404 Kcal/h
- Calor latente: 3589 Kcal/h

### 3.6.3 Calor por iluminación

Se opto por usar una luminaria que cumpla con lo requerido en laboratorios farmacéuticos además que se adecue la luminaria debido al espacio que ocupan en cada ambiente.

Para el cálculo del calor se usó la siguiente formula.

$$Q = n * W * 0.85 \quad (Ec. 18)$$

$$Q = n * W * 0.85 = 53 * 18 * 0.85 = 810.9 \frac{kcal}{h}$$

### 3.6.4 Calor por equipo

En la tabla 13, se detalla los equipos de fabricación que hay en las áreas del laboratorio farmacéutico.

**Tabla 13**

*Lista de equipos*

| SALA          | MAQUINA O EQUIPO                        |
|---------------|-----------------------------------------|
| ACONDICIONADO | ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA INTERMITENTE |
|               | 19667 AV.40 CAM                         |

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| ENVASADO      | FOLIADORA UHLMANN             |
| MEZCLAS       | MEZCLADORA EN V" FAISA        |
| MEZCLAS       | GRANULADORA DC 02             |
| MEZCLAS       | ESTUFA INGEST 150             |
| MEZCLAS       | AMASADORA HORIZONTAL IMULSA   |
| RECUBRIMIENTO | EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1   |
| TABLETEADO    | TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY |

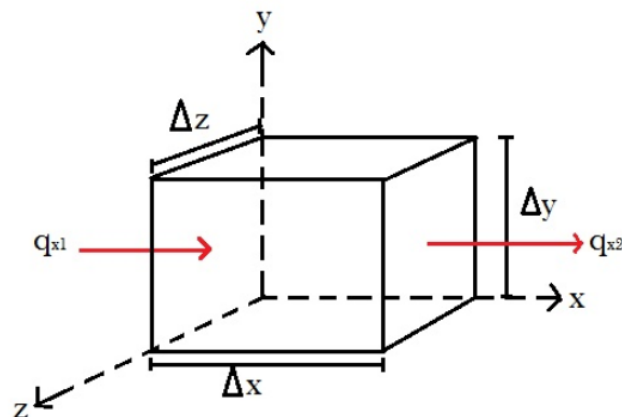
Fuente: Propia

- **Cálculo del calor por equipo**

Analizando el funcionamiento de los equipos se observa que estos disipan el calor en las 3 direcciones. En la figura 24 se representa el flujo del calor disipador por los equipos.

**Figura 24**

*Modelo de análisis de disipación de calor*

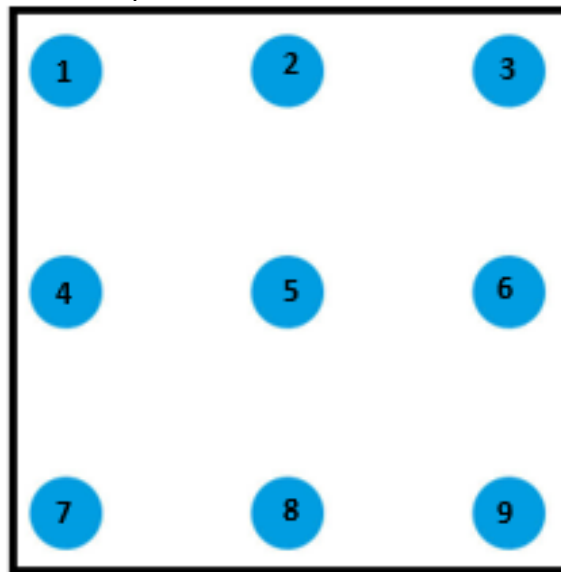


Fuente: Universidad de Chile, Conductividad térmica y ley de Fourier (2011)

Se procede al cálculo del calor disipado considerando las temperaturas registradas por el equipo en condiciones de operación. Para este propósito, las mediciones se realizaron siguiendo los puntos de referencia indicados en la figura 25. A partir de estos datos, el cálculo del calor disipado se fundamenta en el valor máximo obtenido durante el proceso de muestreo.

**Figura 25**

*Modelo de toma de datos de temperatura*

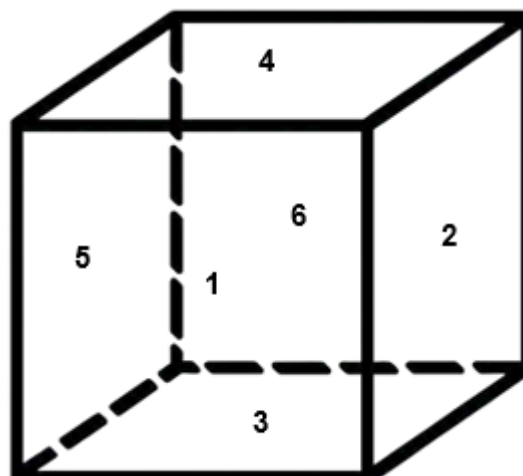


Fuente: Propia

Tras realizar las mediciones de temperatura, se procede a analizar cada una de las caras del equipo, siguiendo los puntos de referencia establecidos en la figura 26, con el objetivo de calcular la cantidad de calor disipado. En las siguientes tablas se representa las temperaturas.

**Figura 26**

*Modelo de toma de datos de temperatura por cara*



Fuente: Propia

○ **Cara 1**

**Tabla 14**

*Cara 1. Toma de muestras de temperatura*

| MAQUINA                              | PUNTOS DE MEDICION DE TEMPERATURA |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 1°                                | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
| <b>ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA</b>    |                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM</b>  | 39.6                              | 39.6 | 43.8 | 40.9 | 41.6 | 40.1 | 39.7 | 36.4 | 37.2 |
| <b>FOLIADORA UHLMANN</b>             | 43.1                              | 42.7 | 40.8 | 39.0 | 41.7 | 39.2 | 37.0 | 36.1 | 41.4 |
| <b>MEZCLADORA EN V" FAISA</b>        | 37.8                              | 38.1 | 42.6 | 41.4 | 40.5 | 39.1 | 40.5 | 40.0 | 37.6 |
| <b>GRANULADORA DC 02</b>             | 43.9                              | 41.0 | 43.3 | 41.1 | 42.5 | 40.4 | 43.1 | 37.1 | 40.8 |
| <b>ESTUFA INGEST 150</b>             | 42.1                              | 36.6 | 36.7 | 39.6 | 41.2 | 40.3 | 39.7 | 43.3 | 37.0 |
| <b>AMASADORA HORIZONTAL IMULSA</b>   | 40.9                              | 37.5 | 40.4 | 42.9 | 42.2 | 37.8 | 36.4 | 39.2 | 38.9 |
| <b>EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1</b>   | 41.5                              | 39.7 | 36.8 | 37.7 | 43.5 | 36.2 | 39.6 | 43.4 | 37.6 |
| <b>TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY</b> | 36.3                              | 40.2 | 38.0 | 38.3 | 42.6 | 38.0 | 41.6 | 36.7 | 37.3 |

Fuente: Propia

○ **Cara 2**

**Tabla 15**

*Cara 2. Toma de muestras de temperatura*

| MAQUINA                              | PUNTOS DE MEDICION DE TEMPERATURA |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 1°                                | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
| <b>ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA</b>    |                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM</b>  | 38.1                              | 40.7 | 43.3 | 38.3 | 38.7 | 42.6 | 39.8 | 41.3 | 38.6 |
| <b>FOLIADORA UHLMANN</b>             | 40.3                              | 39.3 | 42.4 | 38.2 | 41.3 | 42.6 | 38.5 | 40.7 | 38.1 |
| <b>MEZCLADORA EN V" FAISA</b>        | 40.8                              | 39.3 | 41.9 | 38.5 | 36.6 | 40.4 | 41.5 | 40.1 | 43.9 |
| <b>GRANULADORA DC 02</b>             | 37.5                              | 41.7 | 42.4 | 42.0 | 42.6 | 37.2 | 43.2 | 37.4 | 38.3 |
| <b>ESTUFA INGEST 150</b>             | 43.0                              | 37.4 | 44.0 | 37.5 | 43.6 | 37.3 | 43.0 | 38.1 | 39.5 |
| <b>AMASADORA HORIZONTAL IMULSA</b>   | 40.8                              | 42.4 | 36.5 | 36.7 | 40.6 | 37.1 | 37.9 | 42.8 | 44.0 |
| <b>EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1</b>   | 40.6                              | 43.5 | 38.2 | 37.7 | 36.8 | 39.7 | 41.3 | 37.5 | 41.2 |
| <b>TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY</b> | 42.9                              | 40.1 | 41.2 | 37.2 | 37.5 | 39.7 | 41.3 | 40.4 | 40.9 |

Fuente: Propia

○ **Cara 3**

**Tabla 16**

*Cara 3. Toma de muestras de temperatura*

| MAQUINA                              | PUNTOS DE MEDICION DE TEMPERATURA |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 1°                                | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
| <b>ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA</b>    |                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM</b>  | 39.8                              | 41.0 | 40.8 | 40.2 | 40.3 | 37.4 | 36.5 | 42.6 | 42.0 |
| <b>FOLIADORA UHLMANN</b>             | 39.8                              | 39.7 | 41.6 | 36.8 | 41.9 | 42.6 | 38.8 | 43.2 | 40.0 |
| <b>MEZCLADORA EN V" FAISA</b>        | 41.9                              | 39.8 | 40.5 | 42.6 | 40.3 | 41.4 | 40.4 | 36.7 | 41.2 |
| <b>GRANULADORA DC 02</b>             | 36.1                              | 43.4 | 38.5 | 38.8 | 42.8 | 43.3 | 43.2 | 43.2 | 39.0 |
| <b>ESTUFA INGEST 150</b>             | 38.6                              | 42.1 | 39.2 | 37.3 | 41.3 | 36.5 | 38.5 | 36.1 | 37.1 |
| <b>AMASADORA HORIZONTAL IMULSA</b>   | 41.5                              | 37.3 | 39.5 | 38.8 | 39.1 | 40.0 | 38.6 | 40.7 | 39.0 |
| <b>EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1</b>   | 36.8                              | 44.0 | 41.0 | 43.3 | 37.2 | 40.5 | 42.5 | 43.0 | 39.2 |
| <b>TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY</b> | 43.2                              | 36.1 | 43.4 | 41.3 | 41.1 | 40.2 | 42.2 | 36.9 | 36.9 |

Fuente: Propia

○ **Cara 4**

**Tabla 17**

*Cara 4. Toma de muestras de temperatura*

| MAQUINA                              | PUNTOS DE MEDICION DE TEMPERATURA |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 1°                                | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
| <b>ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA</b>    |                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM</b>  | 38.0                              | 41.2 | 36.3 | 41.3 | 42.5 | 42.4 | 36.1 | 43.5 | 39.4 |
| <b>FOLIADORA UHLMANN</b>             | 42.7                              | 38.1 | 43.2 | 41.1 | 40.0 | 36.7 | 43.8 | 39.8 | 41.5 |
| <b>MEZCLADORA EN V" FAISA</b>        | 41.9                              | 43.3 | 42.8 | 39.1 | 39.6 | 40.2 | 39.9 | 36.4 | 42.7 |
| <b>GRANULADORA DC 02</b>             | 39.3                              | 42.8 | 43.5 | 42.8 | 43.3 | 40.3 | 39.4 | 43.1 | 38.5 |
| <b>ESTUFA INGEST 150</b>             | 43.6                              | 41.0 | 43.6 | 36.6 | 37.0 | 43.7 | 40.4 | 37.7 | 36.9 |
| <b>AMASADORA HORIZONTAL IMULSA</b>   | 40.9                              | 37.4 | 43.7 | 43.2 | 36.4 | 43.5 | 38.9 | 36.4 | 38.4 |
| <b>EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1</b>   | 40.2                              | 37.9 | 42.6 | 36.0 | 39.6 | 39.7 | 38.4 | 40.0 | 41.5 |
| <b>TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY</b> | 39.5                              | 39.9 | 42.4 | 36.9 | 41.0 | 41.1 | 40.1 | 41.2 | 41.2 |

Fuente: Propia

○ **Cara 5**

**Tabla 18***Cara 5. Toma de muestras de temperatura*

| MAQUINA                              | PUNTOS DE MEDICION DE TEMPERATURA |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 1°                                | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
| <b>ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA</b>    |                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM</b>  | 43.6                              | 37.7 | 36.3 | 36.6 | 38.1 | 40.3 | 41.7 | 38.4 | 41.2 |
| <b>FOLIADORA UHLMANN</b>             | 42.8                              | 42.8 | 42.4 | 38.0 | 42.6 | 40.4 | 36.9 | 40.2 | 40.2 |
| <b>MEZCLADORA EN V" FAISA</b>        | 36.9                              | 41.6 | 40.6 | 40.0 | 41.6 | 36.6 | 42.2 | 40.1 | 42.8 |
| <b>GRANULADORA DC 02</b>             | 42.5                              | 43.6 | 37.1 | 40.8 | 42.8 | 36.1 | 42.3 | 38.0 | 41.9 |
| <b>ESTUFA INGEST 150</b>             | 39.6                              | 41.5 | 37.5 | 37.2 | 42.4 | 36.7 | 42.6 | 36.9 | 39.2 |
| <b>AMASADORA HORIZONTAL IMULSA</b>   | 36.2                              | 38.3 | 43.3 | 36.7 | 40.3 | 39.0 | 43.2 | 42.8 | 40.6 |
| <b>EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1</b>   | 37.6                              | 38.9 | 37.3 | 42.1 | 42.2 | 37.8 | 42.5 | 40.0 | 41.1 |
| <b>TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY</b> | 42.6                              | 39.2 | 40.7 | 41.6 | 43.3 | 42.1 | 39.2 | 40.1 | 43.3 |

Fuente: Propia

- **Cara 6**

**Tabla 19***Cara 6. Toma de muestras de temperatura*

| MAQUINA                              | PUNTOS DE MEDICION DE TEMPERATURA |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 1°                                | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
| <b>ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA</b>    |                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM</b>  | 41.2                              | 43.5 | 38.0 | 36.2 | 37.5 | 43.0 | 41.0 | 43.5 | 37.5 |
| <b>FOLIADORA UHLMANN</b>             | 39.1                              | 37.7 | 40.2 | 43.1 | 39.5 | 38.1 | 43.8 | 40.3 | 41.1 |
| <b>MEZCLADORA EN V" FAISA</b>        | 41.8                              | 41.2 | 41.1 | 41.9 | 39.1 | 38.5 | 41.2 | 37.8 | 43.3 |
| <b>GRANULADORA DC 02</b>             | 42.4                              | 43.1 | 37.5 | 36.8 | 36.8 | 36.2 | 37.8 | 41.4 | 39.7 |
| <b>ESTUFA INGEST 150</b>             | 42.0                              | 37.8 | 41.5 | 41.4 | 36.4 | 38.0 | 38.0 | 42.7 | 36.3 |
| <b>AMASADORA HORIZONTAL IMULSA</b>   | 42.5                              | 36.4 | 36.9 | 36.8 | 42.5 | 43.3 | 42.2 | 41.0 | 36.3 |
| <b>EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1</b>   | 36.2                              | 44.0 | 43.3 | 37.2 | 37.3 | 37.9 | 43.4 | 39.6 | 40.9 |
| <b>TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY</b> | 41.6                              | 38.7 | 40.9 | 41.7 | 40.2 | 36.5 | 43.6 | 41.2 | 43.1 |

Fuente: Propia

- **Dimensiones**

La tabla 20 presenta un detalle de las dimensiones de los equipos ubicados en el área de fabricación de la planta farmacéutica.

**Tabla 20**

*Dimensiones de los equipos*

| MAQUINA                                                 | DIMENSIONES (m) |       |      |
|---------------------------------------------------------|-----------------|-------|------|
|                                                         | LARGO           | ANCHO | ALTO |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 3.03            | 1.10  | 1.40 |
| FOLIADORA UHLMANN                                       | 1.00            | 0.85  | 1.40 |
| MEZCLADORA EN V" FAISA                                  | 1.78            | 2.00  | 2.40 |
| GRANULADORA DC 02                                       | 1.10            | 0.60  | 1.56 |
| ESTUFA INGEST 150                                       | 2.10            | 1.40  | 2.40 |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA                             | 1.30            | 0.60  | 1.38 |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1                             | 1.40            | 1.60  | 3.00 |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY                           | 0.75            | 0.85  | 1.50 |

Fuente: Propia

Se usará la ecuación 2 para poder calcular y obtener el calor dispersado al exterior

$$\dot{Q} = K * A * \frac{\Delta T}{L}$$

- La constante “K” se reemplazará por el valor del SS316L ( $K = 16.5 \frac{W}{m \cdot K}$ ).
- Como “ $\Delta T$ ” se calculará a través la ( $T_{max \text{ de la toma de muestra}} - T_{sala}$ )

Se procede de calcular:

- **Áreas**

La tabla 21 muestra el cálculo de las áreas correspondientes a cada cara de los equipos.

**Tabla 21**

*Áreas de las caras de los equipos*

| MAQUINA                                                 | AREAS (m2) |      |      |
|---------------------------------------------------------|------------|------|------|
|                                                         | L*A        | L*H  | A*H  |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 3.33       | 4.24 | 1.54 |

|                               |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|------|
| FOLIADORA UHLMANN             | 0.85 | 1.40 | 1.19 |
| MEZCLADORA EN V" FAISA        | 3.56 | 4.27 | 4.80 |
| GRANULADORA DC 02             | 0.66 | 1.72 | 0.94 |
| ESTUFA INGEST 150             | 2.94 | 5.04 | 3.36 |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA   | 0.78 | 1.79 | 0.83 |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1   | 2.24 | 4.20 | 4.80 |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY | 0.64 | 1.13 | 1.28 |

Fuente: Propia

- **Temperaturas**

Se realiza el cálculo de la diferencia de temperatura para cada cara de los equipos, cuyos resultados se presentan en las tablas siguientes.

**Tabla 22**

*Diferencias de temperaturas. Cara 1*

| MAQUINA                                                 | TEMPERATURA (K) |      |            |
|---------------------------------------------------------|-----------------|------|------------|
|                                                         | MAX             | SALA | $\Delta T$ |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 43.8            | 22.0 | 21.8       |
| FOLIADORA UHLMANN                                       | 43.1            | 22.0 | 21.1       |
| MEZCLADORA EN V" FAISA                                  | 42.6            | 22.0 | 20.6       |
| GRANULADORA DC 02                                       | 43.9            | 22.0 | 21.9       |
| ESTUFA INGEST 150                                       | 43.3            | 22.0 | 21.3       |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA                             | 42.9            | 22.0 | 20.9       |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1                             | 43.5            | 22.0 | 21.5       |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY                           | 42.6            | 22.0 | 20.6       |

Fuente: Propia

**Tabla 23**

*Diferencias de temperaturas. Cara 2*

| MAQUINA                                                 | TEMPERATURA (K) |      |            |
|---------------------------------------------------------|-----------------|------|------------|
|                                                         | MAX             | SALA | $\Delta T$ |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 43.3            | 22.0 | 21.3       |
| FOLIADORA UHLMANN                                       | 42.6            | 22.0 | 20.6       |

|                               |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|------|
| MEZCLADORA EN V" FAISA        | 43.9 | 22.0 | 21.9 |
| GRANULADORA DC 02             | 43.2 | 22.0 | 21.2 |
| ESTUFA INGEST 150             | 44.0 | 22.0 | 22.0 |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA   | 44.0 | 22.0 | 22.0 |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1   | 43.5 | 22.0 | 21.5 |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY | 42.9 | 22.0 | 20.9 |

Fuente: Propia

**Tabla 24**

*Diferencias de temperaturas. Cara 3*

| MAQUINA                                                    | TEMPERATURA (K) |      |            |
|------------------------------------------------------------|-----------------|------|------------|
|                                                            | MAX             | SALA | $\Delta T$ |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA<br>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 42.6            | 22.0 | 20.6       |
| FOLIADORA UHLMANN                                          | 43.2            | 22.0 | 21.2       |
| MEZCLADORA EN V" FAISA                                     | 42.6            | 22.0 | 20.6       |
| GRANULADORA DC 02                                          | 43.4            | 22.0 | 21.4       |
| ESTUFA INGEST 150                                          | 42.1            | 22.0 | 20.1       |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA                                | 41.5            | 22.0 | 19.5       |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1                                | 44.0            | 22.0 | 22.0       |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY                              | 43.4            | 22.0 | 21.4       |

Fuente: Propia

**Tabla 25**

*Diferencias de temperaturas. Cara 4*

| MAQUINA                                                    | TEMPERATURA (K) |      |            |
|------------------------------------------------------------|-----------------|------|------------|
|                                                            | MAX             | SALA | $\Delta T$ |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA<br>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 43.5            | 22.0 | 21.5       |
| FOLIADORA UHLMANN                                          | 43.8            | 22.0 | 21.8       |
| MEZCLADORA EN V" FAISA                                     | 43.3            | 22.0 | 21.3       |
| GRANULADORA DC 02                                          | 43.5            | 22.0 | 21.5       |
| ESTUFA INGEST 150                                          | 43.7            | 22.0 | 21.7       |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA                                | 43.7            | 22.0 | 21.7       |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1                                | 42.6            | 22.0 | 20.6       |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY                              | 42.4            | 22.0 | 20.4       |

Fuente: Propia

**Tabla 26**

*Diferencias de temperaturas. Cara 5*

| MAQUINA                                                    | TEMPERATURA (K) |      |            |
|------------------------------------------------------------|-----------------|------|------------|
|                                                            | MAX             | SALA | $\Delta T$ |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA<br>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 43.6            | 22.0 | 21.6       |
| FOLIADORA UHLMANN                                          | 42.8            | 22.0 | 20.8       |
| MEZCLADORA EN V" FAISA                                     | 42.8            | 22.0 | 20.8       |
| GRANULADORA DC 02                                          | 43.6            | 22.0 | 21.6       |
| ESTUFA INGEST 150                                          | 42.6            | 22.0 | 20.6       |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA                                | 43.3            | 22.0 | 21.3       |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1                                | 42.5            | 22.0 | 20.5       |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY                              | 43.3            | 22.0 | 21.3       |

Fuente: Propia

**Tabla 27**

*Diferencias de temperaturas. Cara 6*

| MAQUINA                                                    | TEMPERATURA (K) |      |            |
|------------------------------------------------------------|-----------------|------|------------|
|                                                            | MAX             | SALA | $\Delta T$ |
| ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA<br>INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM | 43.5            | 22.0 | 21.5       |
| FOLIADORA UHLMANN                                          | 43.8            | 22.0 | 21.8       |
| MEZCLADORA EN V" FAISA                                     | 43.3            | 22.0 | 21.3       |
| GRANULADORA DC 02                                          | 43.1            | 22.0 | 21.1       |
| ESTUFA INGEST 150                                          | 42.7            | 22.0 | 20.7       |
| AMASADORA HORIZONTAL IMULSA                                | 43.3            | 22.0 | 21.3       |
| EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1                                | 44.0            | 22.0 | 22.0       |
| TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY                              | 43.6            | 22.0 | 21.6       |

Fuente: Propia

- **Calor**

Una vez calculadas las variables previamente necesarias, se procede a determinar el calor disipado utilizando la ecuación 2. Los valores obtenidos se presentan en la tabla 28.

**Tabla 28***Calor dispersado de los equipos por cada cara.*

| MAQUINA                                                        | CALOR POR CARA (W) |          |          |          |          |          |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                | 1                  | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        |
| <b>ESTUCHADORA SEMIAUTOMATICA INTERMITENTE 19667 AV.40 CAM</b> | 1712.686           | 2710.638 | 345.509  | 360.604  | 2748.816 | 1689.117 |
| <b>FOLIADORA UHLMANN</b>                                       | 422.754            | 1119.671 | 832.524  | 856.086  | 1130.541 | 436.779  |
| <b>MEZCLADORA EN V" FAISA</b>                                  | 1008.370           | 1543.687 | 1833.169 | 1895.461 | 1466.150 | 1042.635 |
| <b>GRANULADORA DC 02</b>                                       | 305.758            | 2000.856 | 600.912  | 603.720  | 2038.608 | 294.588  |
| <b>ESTUFA INGEST 150</b>                                       | 861.053            | 2613.600 | 1061.280 | 1145.760 | 2447.280 | 836.798  |
| <b>AMASADORA HORIZONTAL IMULSA</b>                             | 389.830            | 2170.740 | 409.860  | 456.101  | 2101.671 | 397.291  |
| <b>EQUIPO DE RECUBRIMIENTO N°1</b>                             | 529.760            | 1862.438 | 2489.143 | 2330.743 | 1775.813 | 542.080  |
| <b>TABLETEADORA ROTATIVA MANESTY</b>                           | 288.915            | 912.838  | 1200.540 | 1144.440 | 930.309  | 302.940  |

Fuente: Propia

**3.6.5 Calor en salas**

Una vez finalizados los cálculos relacionados con el calor disipado por los equipos, la tabla 29 presenta la carga térmica correspondiente a cada sala.

**Tabla 29***Resumen de esclusas y cálculos*

| Sala                                | Área<br>(m2) | Altura<br>(m) | Renovación<br>(N) | Caudal<br>(m3/hr) | Caudal<br>(CFM) | Carga<br>Sensible | Carga<br>latente | Carga<br>térmica |
|-------------------------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|
| <b>Granulación y Mezclas</b>        | 31.65        | 3             | 20                | 1934              | 1160.4          | 41754             | 950              | 42704            |
| <b>Ducha de Aire GyM</b>            | 0.60         | 3             | 20                | 37                | 22.2            | 622               | 475              | 1097             |
| <b>Esclusa 2 GyM</b>                | 0.93         | 3             | 20                | 58                | 34.8            | 368               | 0                | 368              |
| <b>Esclusa 1 GyM</b>                | 0.85         | 3             | 20                | 52                | 31.2            | 352               | 0                | 352              |
| <b>Esclusa Ingreso Personal GyM</b> | 1.33         | 3             | 20                | 82                | 49.2            | 757               | 475              | 1232             |
| <b>PassBox GyM</b>                  | 0.90         | 3             | 20                | 56                | 33.6            | 361               | 0                | 361              |
| <b>Lavadero</b>                     | 3.31         | 3             | 20                | 202               | 121.2           | 1118              | 475              | 1593             |
| <b>Esclusa Ingreso Lavadero</b>     | 1.27         | 3             | 20                | 78                | 46.8            | 746               | 475              | 1221             |

|                                                     |       |   |    |      |       |       |      |       |
|-----------------------------------------------------|-------|---|----|------|-------|-------|------|-------|
| <b>Esclusa Salida Lavadero</b>                      | 0.95  | 3 | 20 | 59   | 35.4  | 687   | 475  | 1162  |
| <b>Recubrimiento /<br/>Tableteado / Encapsulado</b> | 14.96 | 3 | 20 | 914  | 548.4 | 20600 | 950  | 21550 |
| <b>Esclusa Materiales RTE</b>                       | 1.08  | 3 | 20 | 67   | 40.2  | 395   | 0    | 395   |
| <b>Ducha de Aire RTE</b>                            | 0.60  | 3 | 20 | 37   | 22.2  | 306   | 0    | 306   |
| <b>Esclusa 2 RTE</b>                                | 1.49  | 3 | 20 | 93   | 55.8  | 788   | 475  | 1263  |
| <b>Esclusa 1 RTE</b>                                | 1.74  | 3 | 20 | 107  | 64.2  | 516   | 0    | 516   |
| <b>Esclusa Ingreso Personal<br/>RTE</b>             | 2.49  | 3 | 20 | 154  | 92.4  | 971   | 475  | 1446  |
| <b>Pasadizo General</b>                             | 25.13 | 3 | 20 | 1536 | 921.6 | 6532  | 1425 | 7957  |
| <b>Esclusa Ingreso Materiales</b>                   | 6.50  | 3 | 20 | 401  | 240.6 | 1710  | 475  | 2185  |
| <b>Envasado</b>                                     | 9.89  | 3 | 20 | 604  | 362.4 | 20053 | 1425 | 21478 |
| <b>Esclusa Materiales Env</b>                       | 0.70  | 3 | 20 | 43   | 25.8  | 325   | 0    | 325   |
| <b>Ducha de Aire Env</b>                            | 0.60  | 3 | 20 | 37   | 22.2  | 843   | 0    | 843   |
| <b>Esclusa 1 Env</b>                                | 0.91  | 3 | 20 | 56   | 33.6  | 2388  | 475  | 2863  |
| <b>Esclusa 2 Env</b>                                | 1.20  | 3 | 20 | 75   | 45    | 418   | 0    | 418   |
| <b>Acondicionado</b>                                | 19.73 | 3 | 20 | 1206 | 723.6 | 16723 | 1900 | 18623 |
| <b>Esclusa Salida Materiales</b>                    | 14.06 | 3 | 20 | 875  | 525   | 3631  | 950  | 4581  |
| <b>Esclusa Ingreso<br/>Fabricación</b>              | 5.30  | 3 | 20 | 327  | 196.2 | 1489  | 475  | 1964  |
| <b>Pasadizo 1</b>                                   | 10.19 | 3 | 20 | 623  | 373.8 | 2891  | 950  | 3841  |
| <b>Lavadero de Limpieza</b>                         | 1.13  | 3 | 20 | 68   | 40.8  | 718   | 475  | 1193  |
| <b>Esclusa Vestidores</b>                           | 2.26  | 3 | 20 | 139  | 83.4  | 928   | 475  | 1403  |
| <b>Vestidor Ingreso</b>                             | 12.43 | 3 | 20 | 548  | 328.8 | 3959  | 1425 | 5384  |
| <b>Esclusa Ingreso Vestidor</b>                     | 2.03  | 3 | 20 | 125  | 75    | 570   | 0    | 570   |
| <b>Vestidor Salida</b>                              | 9.88  | 3 | 20 | 244  | 146.4 | 3978  | 2375 | 6353  |

Fuente: Propia

### 3.7 Separación de ambientes por manejadoras

Considerando la criticidad de ciertos productos, las salas fueron organizadas en grupos específicos con el objetivo de minimizar el riesgo de contaminación cruzada. La tabla 30 detalla el orden y la estructura de estas agrupaciones.

**Tabla 30**  
*Agrupaciones de salas*

| MANEJADORA | # DE SALA | Sala                                     |
|------------|-----------|------------------------------------------|
| UMA 1      | 1         | Granulación y Mezclas                    |
|            | 2         | Ducha de Aire GyM                        |
|            | 3         | Esclusa 2 GyM                            |
|            | 4         | Esclusa 1 GyM                            |
|            | 5         | Esclusa Ingreso Personal GyM             |
|            | 6         | PassBox GyM                              |
| UMA 2      | 7         | Lavadero                                 |
|            | 8         | Esclusa Ingreso Lavadero                 |
|            | 9         | Esclusa Salida Lavadero                  |
|            | 16        | Pasadizo General                         |
|            | 17        | Esclusa Ingreso Materiales               |
| UMA 3      | 10        | Recubrimiento / Tableteado / Encapsulado |
|            | 11        | Esclusa Materiales RTE                   |
|            | 12        | Ducha de Aire RTE                        |
|            | 13        | Esclusa 2 RTE                            |
|            | 14        | Esclusa 1 RTE                            |
|            | 15        | Esclusa Ingreso Personal RTE             |
| UMA 4      | 18        | Envasado                                 |
|            | 19        | Esclusa Materiales Env                   |
|            | 20        | Ducha de Aire Env                        |
|            | 21        | Esclusa 1 Env                            |
|            | 22        | Esclusa 2 Env                            |

|              |    |                             |
|--------------|----|-----------------------------|
| <b>UMA 5</b> | 23 | Acondicionado               |
|              | 24 | Esclusa Salida Materiales   |
|              | 25 | Esclusa Ingreso Fabricación |
|              | 26 | Pasadizo 1                  |
|              | 27 | Lavadero de Limpieza        |
|              | 28 | Esclusa Vestidores          |
|              | 29 | Vestidor Ingreso            |
|              | 30 | Esclusa Ingreso Vestidor    |
|              | 31 | Vestidor Salida             |

Fuente: Propia

### 3.8 Cálculos de los flujos de aire por área

En la figura 27, se representan los flujos de aire que requiere cada área.

**Figura 27**

Resumen de flujos de aire por área

| ROOM INFORMATION |        |           |            |           | DESIGN CONDITIONS |                       |           |           | AIR FLOW RATES          |           |            |                  |                |               |             |             |
|------------------|--------|-----------|------------|-----------|-------------------|-----------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|------------|------------------|----------------|---------------|-------------|-------------|
| UMA              | Number | Area      | Volume     | Height    | ROOM PRESSURE     | ADDITIONAL AIR VOLUME | ROOM TEMP | RH        | ADDITIONAL AIR FLOWRATE | ACH       | SUPPLY AIR | TOTAL SUPPLY AIR | RETURN AIRFLOW | FRESH AIRFLOW | AHU Return  | Exhaust Air |
| #                | #      | M2        | M3         | M         | PA                | M3/HR                 | C         | %         | M3/HR                   | --        | M3/HR      | M3/HR            | M3/HR          | M3/HR         | M3/HR       | M3/HR       |
| UMA1             | 1      | 31.65     | 95.0       | 3.00      | 10                | 0.0098                | 22        | 45        | 35.4                    | 20        | 1899       | 1934             | 1899           | 139           | 1796        | 103         |
| UMA1             | 2      | 0.6       | 1.8        | 3.00      | 15                | 0.0003                | 22        | 45        | 1.0                     | 20        | 36         | 37               | 36             | 20            | 17          | 19          |
| UMA1             | 3      | 0.93      | 2.8        | 3.00      | 20                | 0.0006                | 22        | 45        | 2.1                     | 20        | 56         | 58               | 56             | 3             | 55          | 1           |
| UMA1             | 4      | 0.85      | 2.6        | 3.00      | 15                | 0.0004                | 22        | 45        | 1.4                     | 20        | 51         | 52               | 51             | 3             | 50          | 1           |
| UMA1             | 5      | 1.33      | 4.0        | 3.00      | 15                | 0.0006                | 22        | 45        | 2.2                     | 20        | 80         | 82               | 80             | 22            | 60          | 20          |
| UMA1             | 6      | 0.9       | 2.7        | 3.00      | 15                | 0.0004                | 22        | 45        | 1.5                     | 20        | 54         | 56               | 54             | 3             | 53          | 1           |
| <b>TOTALS</b>    |        | <b>36</b> | <b>109</b> | <b>--</b> | <b>--</b>         | <b>--</b>             | <b>--</b> | <b>--</b> | <b>--</b>               | <b>--</b> | <b>--</b>  | <b>2219</b>      | <b>2176</b>    | <b>189</b>    | <b>2030</b> | <b>146</b>  |
| UMA2             | 7      | 3.31      | 9.9        | 3.00      | 10                | 0.0010                | 22        | 45        | 3.7                     | 20        | 199        | 202              | 199            | 29            | 174         | 25          |
| UMA2             | 8      | 1.27      | 3.8        | 3.00      | 15                | 0.0006                | 22        | 45        | 2.1                     | 20        | 76         | 78               | 76             | 22            | 56          | 20          |
| UMA2             | 9      | 0.95      | 2.9        | 3.00      | 15                | 0.0004                | 22        | 45        | 1.6                     | 20        | 57         | 59               | 57             | 21            | 38          | 19          |
| UMA2             | 16     | 25.13     | 75.4       | 3.00      | 10                | 0.0078                | 22        | 45        | 28.1                    | 20        | 1508       | 1536             | 1508           | 135           | 1401        | 107         |
| UMA2             | 17     | 6.5       | 19.5       | 3.00      | 15                | 0.0030                | 22        | 45        | 10.9                    | 20        | 390        | 401              | 390            | 39            | 362         | 28          |
| <b>TOTALS</b>    |        | <b>37</b> | <b>111</b> | <b>--</b> | <b>--</b>         | <b>--</b>             | <b>--</b> | <b>--</b> | <b>--</b>               | <b>--</b> | <b>--</b>  | <b>2276</b>      | <b>2230</b>    | <b>246</b>    | <b>2030</b> | <b>200</b>  |
| UMA3             | 10     | 14.96     | 44.9       | 3.00      | 10                | 0.0047                | 22        | 45        | 16.7                    | 20        | 898        | 914              | 898            | 84            | 830         | 68          |
| UMA3             | 11     | 1.08      | 3.2        | 3.00      | 15                | 0.0005                | 22        | 45        | 1.8                     | 20        | 65         | 67               | 65             | 3             | 63          | 2           |
| UMA3             | 12     | 0.6       | 1.8        | 3.00      | 15                | 0.0003                | 22        | 45        | 1.0                     | 20        | 36         | 37               | 36             | 2             | 35          | 1           |
| UMA3             | 13     | 1.49      | 4.5        | 3.00      | 20                | 0.0009                | 22        | 45        | 3.3                     | 20        | 89         | 93               | 89             | 23            | 70          | 19          |
| UMA3             | 14     | 1.74      | 5.2        | 3.00      | 15                | 0.0008                | 22        | 45        | 2.9                     | 20        | 104        | 107              | 104            | 6             | 102         | 3           |
| UMA3             | 15     | 2.49      | 7.5        | 3.00      | 15                | 0.0012                | 22        | 45        | 4.2                     | 20        | 149        | 154              | 149            | 26            | 128         | 22          |
| <b>TOTALS</b>    |        | <b>22</b> | <b>67</b>  | <b>--</b> | <b>--</b>         | <b>--</b>             | <b>--</b> | <b>--</b> | <b>--</b>               | <b>--</b> | <b>--</b>  | <b>1372</b>      | <b>1342</b>    | <b>144</b>    | <b>1227</b> | <b>114</b>  |
| UMA4             | 18     | 9.89      | 29.7       | 3.00      | 10                | 0.0031                | 22        | 45        | 11.1                    | 20        | 593        | 604              | 593            | 86            | 518         | 75          |
| UMA4             | 19     | 0.7       | 2.1        | 3.00      | 15                | 0.0003                | 22        | 45        | 1.2                     | 20        | 42         | 43               | 42             | 2             | 41          | 1           |
| UMA4             | 20     | 0.6       | 1.8        | 3.00      | 15                | 0.0003                | 22        | 45        | 1.0                     | 20        | 36         | 37               | 36             | 2             | 35          | 1           |
| UMA4             | 21     | 0.91      | 2.7        | 3.00      | 15                | 0.0004                | 22        | 45        | 1.5                     | 20        | 55         | 56               | 55             | 21            | 35          | 19          |
| UMA4             | 22     | 1.2       | 3.6        | 3.00      | 20                | 0.0007                | 22        | 45        | 2.7                     | 20        | 72         | 75               | 72             | 4             | 71          | 1           |
| <b>TOTALS</b>    |        | <b>13</b> | <b>40</b>  | <b>--</b> | <b>--</b>         | <b>--</b>             | <b>--</b> | <b>--</b> | <b>--</b>               | <b>--</b> | <b>--</b>  | <b>815</b>       | <b>798</b>     | <b>115</b>    | <b>700</b>  | <b>98</b>   |
| UMA5             | 23     | 19.73     | 59.2       | 3.00      | 10                | 0.0061                | 22        | 45        | 22.1                    | 20        | 1184       | 1206             | 1184           | 136           | 1070        | 114         |
| UMA5             | 24     | 14.06     | 42.2       | 3.00      | 20                | 0.0087                | 22        | 45        | 31.5                    | 20        | 844        | 875              | 844            | 82            | 794         | 50          |
| UMA5             | 25     | 5.3       | 15.9       | 3.00      | 15                | 0.0025                | 22        | 35        | 8.9                     | 20        | 318        | 327              | 318            | 35            | 292         | 26          |
| UMA5             | 26     | 10.19     | 30.6       | 3.00      | 10                | 0.0032                | 22        | 35        | 11.4                    | 20        | 611        | 623              | 611            | 69            | 554         | 58          |
| UMA5             | 27     | 1.13      | 3.4        | 3.00      | 5                 | 0.0002                | 22        | 35        | 0.6                     | 20        | 68         | 68               | 68             | 22            | 47          | 21          |
| UMA5             | 28     | 2.26      | 6.8        | 3.00      | 15                | 0.0011                | 22        | 35        | 3.8                     | 20        | 136        | 139              | 136            | 25            | 114         | 22          |
| UMA5             | 29     | 12.43     | 37.3       | 3.00      | 10                | 0.0039                | 22        | 35        | 13.9                    | 20        | 746        | 760              | 746            | 94            | 665         | 80          |
| UMA5             | 30     | 2.03      | 6.1        | 3.00      | 15                | 0.0009                | 22        | 35        | 3.4                     | 20        | 122        | 125              | 122            | 7             | 119         | 3           |
| UMA5             | 31     | 9.88      | 29.6       | 3.00      | 10                | 0.0031                | 22        | 35        | 11.1                    | 20        | 593        | 604              | 593            | 122           | 482         | 111         |
| <b>TOTALS</b>    |        | <b>77</b> | <b>231</b> | <b>--</b> | <b>--</b>         | <b>--</b>             | <b>--</b> | <b>--</b> | <b>--</b>               | <b>--</b> | <b>--</b>  | <b>4727</b>      | <b>4621</b>    | <b>592</b>    | <b>4136</b> | <b>485</b>  |

Fuente: Propia

### 3.9 Cálculos de las capacidades de equipos de aire acondicionado

Se calculará para la UMA 1, y luego repetirá lo mismo para las siguientes.

Datos:

- Calor sensible: 125052 BTU/H
- Calor latente: 1900 BTU/H
- Condiciones exteriores: 30°C y 80%HR
- Condiciones de la sala: 22°C y 45%HR

Para determinar los parámetros termodinámicos necesarios para la selección del equipo, se utilizará una carta psicrométrica, ubicando inicialmente los puntos E (exterior) y S (sala) en la carta, los cuales representan la temperatura y la humedad de los respectivos ambientes.

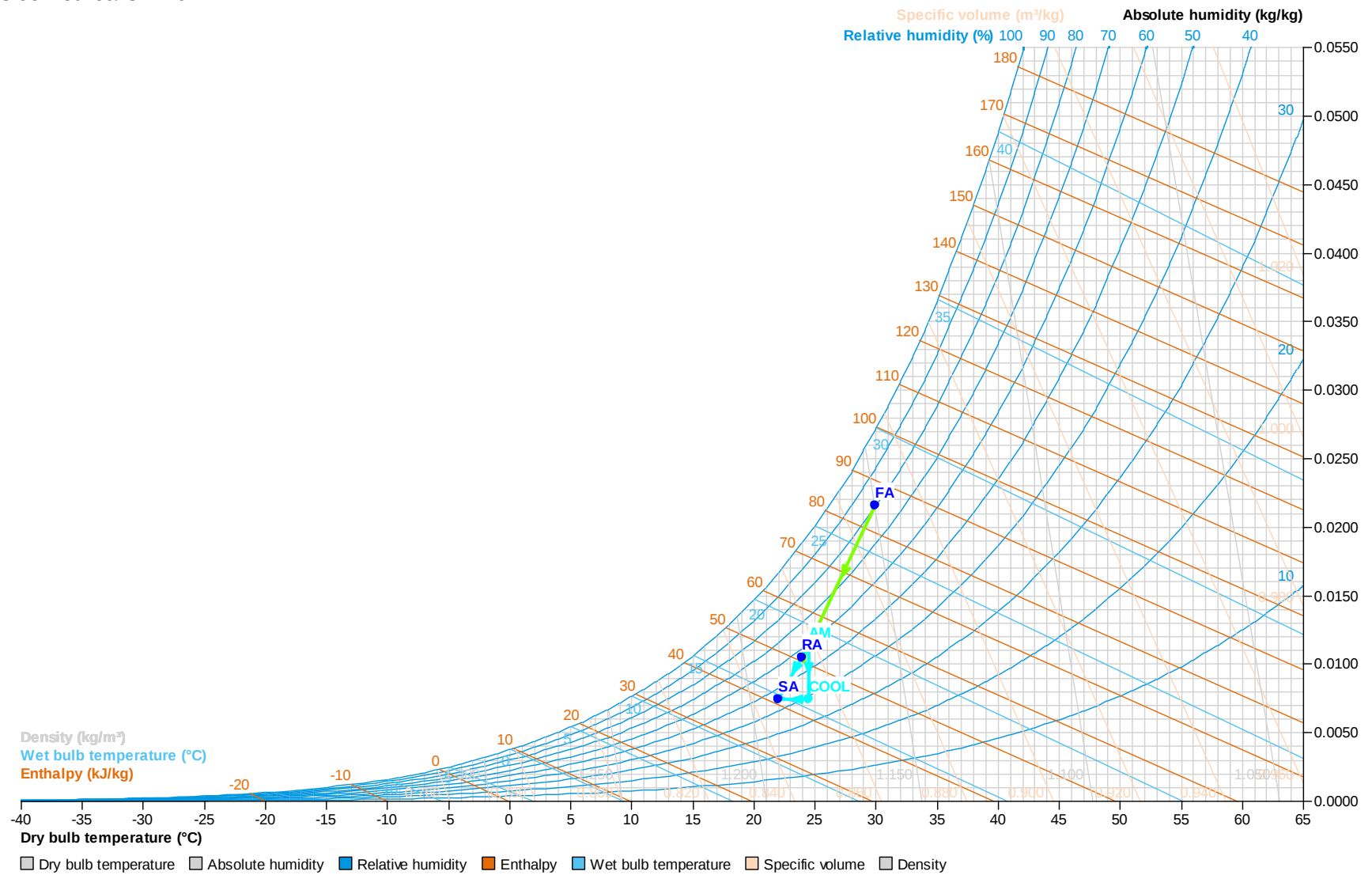
Es importante señalar que el área se clasifica como ISO 8 (Clase D), dado que está destinada a la fabricación de tabletas, pertenecientes a la línea de sólidos. Según las normas ISO, esta clasificación corresponde a la categoría de sólidos no estériles (SNE).

Se ha considerado la implementación de un sistema de recirculación con pequeñas inyecciones de aire fresco, ya que este diseño es óptimo para mantener un control adecuado de la humedad relativa en las salas.

En cuanto a los niveles de filtración requeridos para los ambientes a climatizar, se adoptarán las recomendaciones establecidas en las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Se emplearán filtros primarios (G4), secundarios (F9), terciarios (H13) y un filtro terminal (H14). Este último se ha incluido como una medida de mejora en la calidad del aire, considerando que el sistema utiliza recirculación.

En las siguientes figuras y tablas se está representando los parámetros obtenidos:

**Figura 28**  
*Carta psicométrica UMA01*



**Tabla 31***Valores de la carta psicométrica*

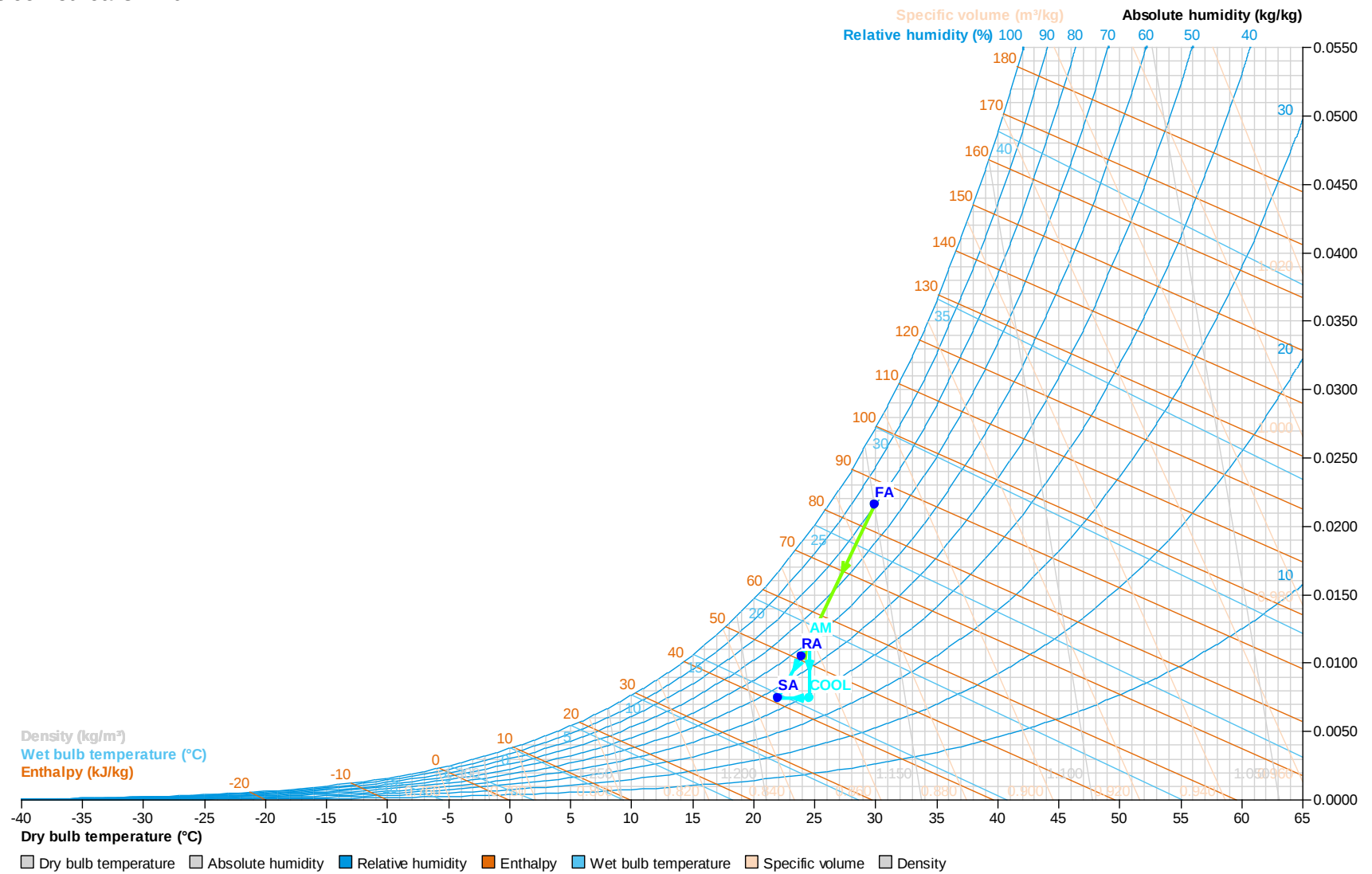
| FA                   |             | RA                   |             | SA                   |             | AM                   |             |
|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Dry bulb temperature | 30.0°C      | Dry bulb temperature | 24.0°C      | Dry bulb temperature | 22.0°C      | Dry bulb temperature | 24.5°C      |
| Wet bulb temperature | 27.1°C      | Wet bulb temperature | 18.0°C      | Wet bulb temperature | 14.7°C      | Wet bulb temperature | 18.9°C      |
| Dew point            | 26.2°C      | Dew point            | 14.7°C      | Dew point            | 9.6°C       | Dew point            | 16.0°C      |
| Relative humidity    | 80.0%       | Relative humidity    | 56.0%       | Relative humidity    | 45.0%       | Relative humidity    | 59.0%       |
| Absolute humidity    | 0.0216kg/kg | Absolute humidity    | 0.0104kg/kg | Absolute humidity    | 0.0074kg/kg | Absolute humidity    | 0.0114kg/kg |
| Enthalpy             | 85.3kJ/kg   | Enthalpy             | 50.7kJ/kg   | Enthalpy             | 40.9kJ/kg   | Enthalpy             | 53.5kJ/kg   |
| Density              | 1.150kg/m³  | Density              | 1.180kg/m³  | Density              | 1.191kg/m³  | Density              | 1.178kg/m³  |
| Specific volume      | 0.889m³/kg  | Specific volume      | 0.856m³/kg  | Specific volume      | 0.846m³/kg  | Specific volume      | 0.859m³/kg  |
| Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  |
| Airflow              | 189m³/h     | Airflow              | 2030m³/h    | Airflow              | 2219m³/h    | Airflow              | 2219m³/h    |
| COOL                 |             |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dry bulb temperature | 24.5°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Wet bulb temperature | 15.6°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dew point            | 9.6°C       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Relative humidity    | 38.7%       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Absolute humidity    | 0.0074kg/kg |                      |             |                      |             |                      |             |
| Enthalpy             | 43.5kJ/kg   |                      |             |                      |             |                      |             |
| Density              | 1.181kg/m³  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Specific volume      | 0.853m³/kg  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Pressure             | 101325.0Pa  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Airflow              | 2219m³/h    |                      |             |                      |             |                      |             |

Mix air: FA, RA, AM

Cooling: AM, SA, COOL (Capacities: Total = 9.35kW, Sensible = 1.89kW (20%), Latent = 7.46kW)

Fuente: Daikin

**Figura 29**  
*Carta psicométrica UMA02*



**Tabla 32***Valores de la carta psicométrica*

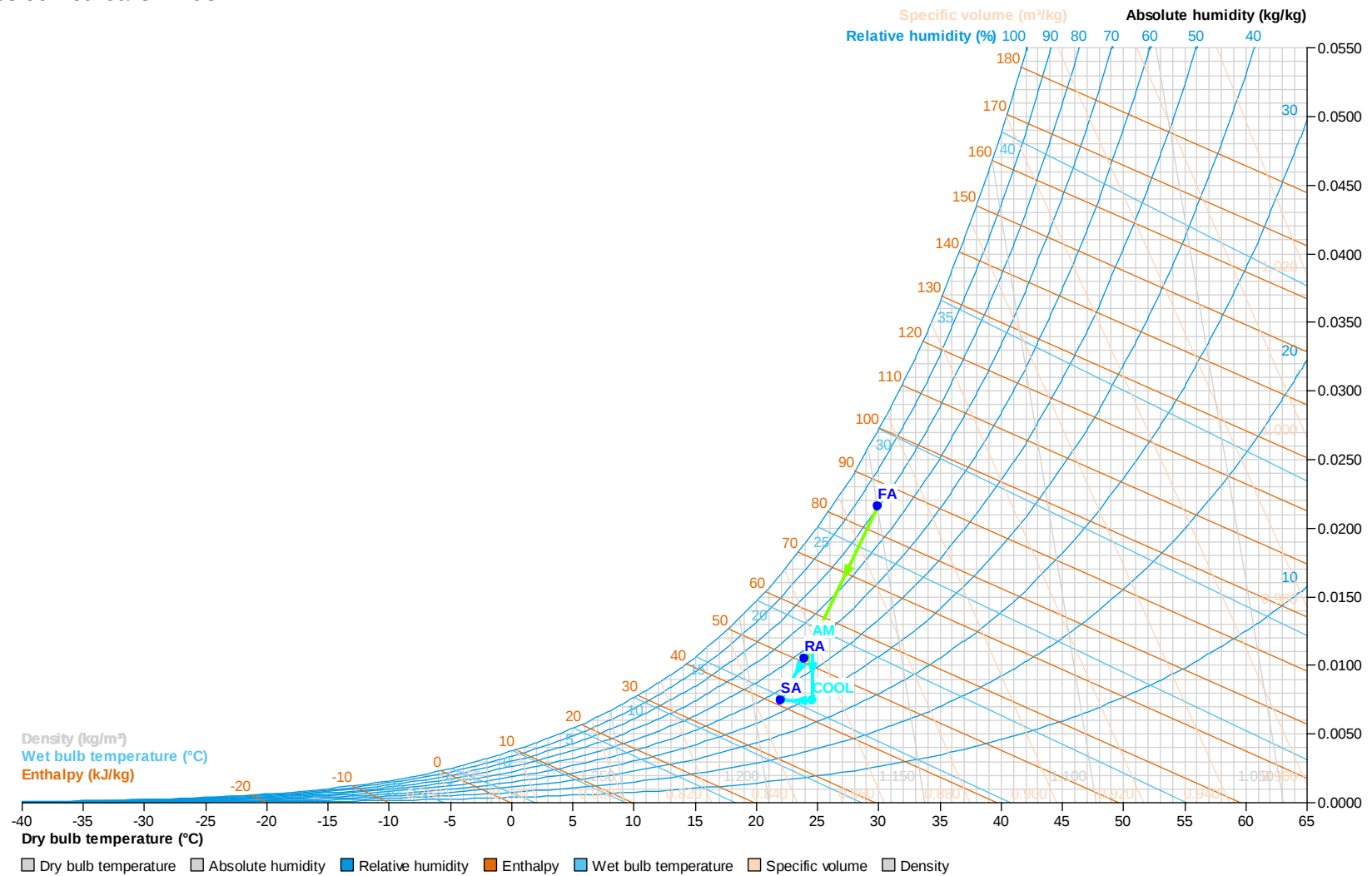
| FA                   |             | RA                   |             | SA                   |             | AM                   |             |
|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Dry bulb temperature | 30.0°C      | Dry bulb temperature | 24.0°C      | Dry bulb temperature | 22.0°C      | Dry bulb temperature | 24.6°C      |
| Wet bulb temperature | 27.1°C      | Wet bulb temperature | 18.0°C      | Wet bulb temperature | 14.7°C      | Wet bulb temperature | 19.1°C      |
| Dew point            | 26.2°C      | Dew point            | 14.7°C      | Dew point            | 9.6°C       | Dew point            | 16.3°C      |
| Relative humidity    | 80.0%       | Relative humidity    | 56.0%       | Relative humidity    | 45.0%       | Relative humidity    | 59.8%       |
| Absolute humidity    | 0.0216kg/kg | Absolute humidity    | 0.0104kg/kg | Absolute humidity    | 0.0074kg/kg | Absolute humidity    | 0.0116kg/kg |
| Enthalpy             | 85.3kJ/kg   | Enthalpy             | 50.7kJ/kg   | Enthalpy             | 40.9kJ/kg   | Enthalpy             | 54.3kJ/kg   |
| Density              | 1.150kg/m³  | Density              | 1.180kg/m³  | Density              | 1.191kg/m³  | Density              | 1.177kg/m³  |
| Specific volume      | 0.889m³/kg  | Specific volume      | 0.856m³/kg  | Specific volume      | 0.846m³/kg  | Specific volume      | 0.859m³/kg  |
| Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  |
| Airflow              | 246m³/h     | Airflow              | 2030m³/h    | Airflow              | 2276m³/h    | Airflow              | 2276m³/h    |
| COOL                 |             |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dry bulb temperature | 24.6°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Wet bulb temperature | 15.6°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dew point            | 9.6°C       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Relative humidity    | 38.4%       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Absolute humidity    | 0.0074kg/kg |                      |             |                      |             |                      |             |
| Enthalpy             | 43.6kJ/kg   |                      |             |                      |             |                      |             |
| Density              | 1.180kg/m³  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Specific volume      | 0.854m³/kg  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Pressure             | 101325.0Pa  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Airflow              | 2276m³/h    |                      |             |                      |             |                      |             |

Mix air: FA, RA, AM

Cooling: AM, SA, COOL (Capacities: Total = 10.17kW, Sensible = 2.04kW (20%), Latent = 8.13kW)

Fuente: Daikin

**Figura 30**  
*Carta psicométrica UMA03*



**Tabla 33**

*Valores de la carta psicométrica*

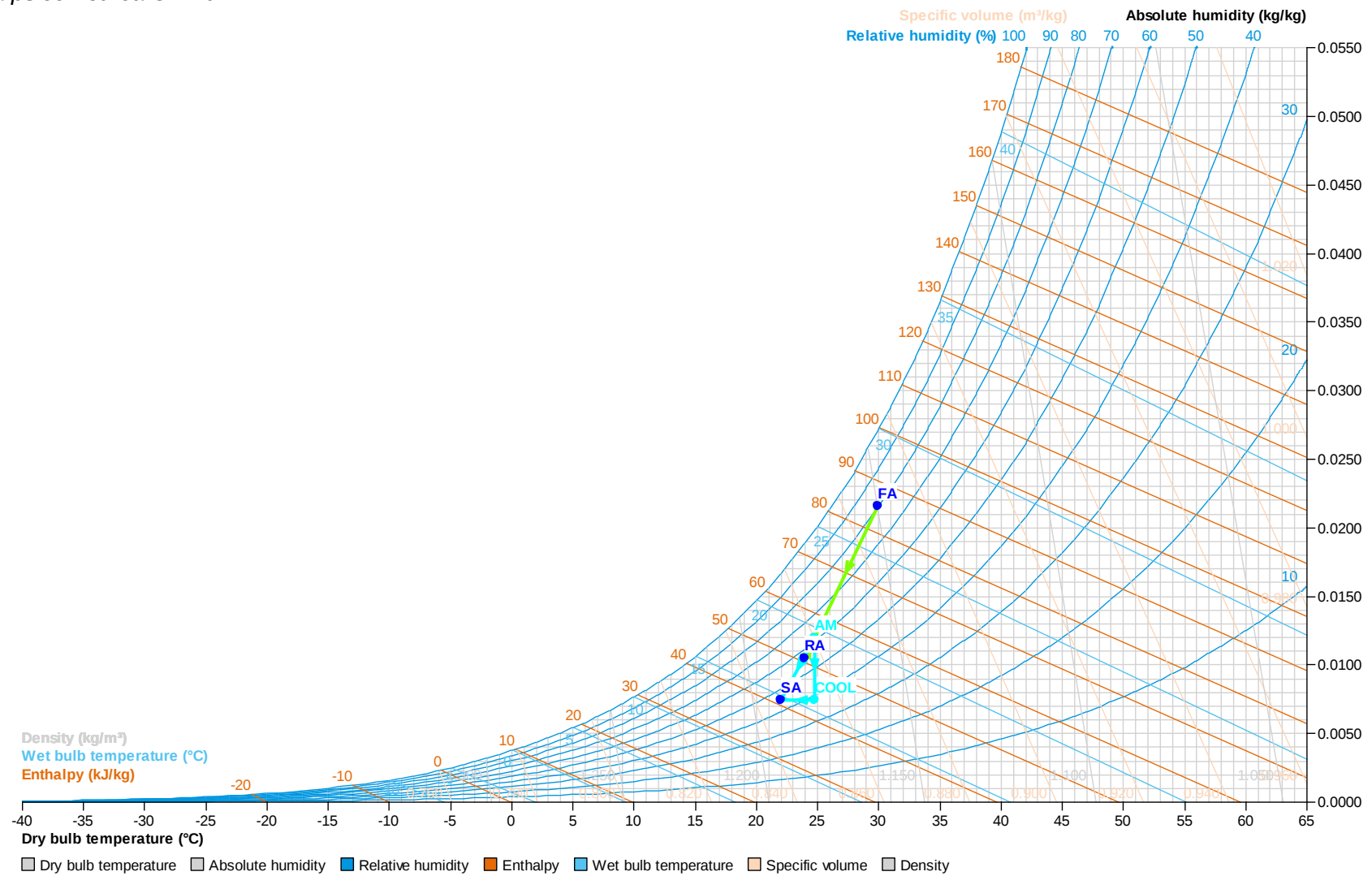
| FA                   |             | RA                   |             | SA                   |             | AM                   |             |
|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Dry bulb temperature | 30.0°C      | Dry bulb temperature | 24.0°C      | Dry bulb temperature | 22.0°C      | Dry bulb temperature | 24.6°C      |
| Wet bulb temperature | 27.1°C      | Wet bulb temperature | 18.0°C      | Wet bulb temperature | 14.7°C      | Wet bulb temperature | 19.1°C      |
| Dew point            | 26.2°C      | Dew point            | 14.7°C      | Dew point            | 9.6°C       | Dew point            | 16.3°C      |
| Relative humidity    | 80.0%       | Relative humidity    | 56.0%       | Relative humidity    | 45.0%       | Relative humidity    | 59.7%       |
| Absolute humidity    | 0.0216kg/kg | Absolute humidity    | 0.0104kg/kg | Absolute humidity    | 0.0074kg/kg | Absolute humidity    | 0.0116kg/kg |
| Enthalpy             | 85.3kJ/kg   | Enthalpy             | 50.7kJ/kg   | Enthalpy             | 40.9kJ/kg   | Enthalpy             | 54.2kJ/kg   |
| Density              | 1.150kg/m³  | Density              | 1.180kg/m³  | Density              | 1.191kg/m³  | Density              | 1.177kg/m³  |
| Specific volume      | 0.889m³/kg  | Specific volume      | 0.856m³/kg  | Specific volume      | 0.846m³/kg  | Specific volume      | 0.859m³/kg  |
| Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  |
| Airflow              | 144m³/h     | Airflow              | 1228m³/h    | Airflow              | 1372m³/h    | Airflow              | 1372m³/h    |
| COOL                 |             |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dry bulb temperature | 24.6°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Wet bulb temperature | 15.6°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dew point            | 9.6°C       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Relative humidity    | 38.4%       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Absolute humidity    | 0.0074kg/kg |                      |             |                      |             |                      |             |
| Enthalpy             | 43.6kJ/kg   |                      |             |                      |             |                      |             |
| Density              | 1.180kg/m³  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Specific volume      | 0.854m³/kg  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Pressure             | 101325.0Pa  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Airflow              | 1372m³/h    |                      |             |                      |             |                      |             |

Mix air: FA, RA, AM

Cooling: AM, SA, COOL (Capacities: Total = 6.08kW, Sensible = 1.22kW (20%), Latent = 4.86kW)

Fuente: Daikin

**Figura 31**  
*Carta psicométrica UMA04*



**Tabla 34***Valores de la carta psicométrica*

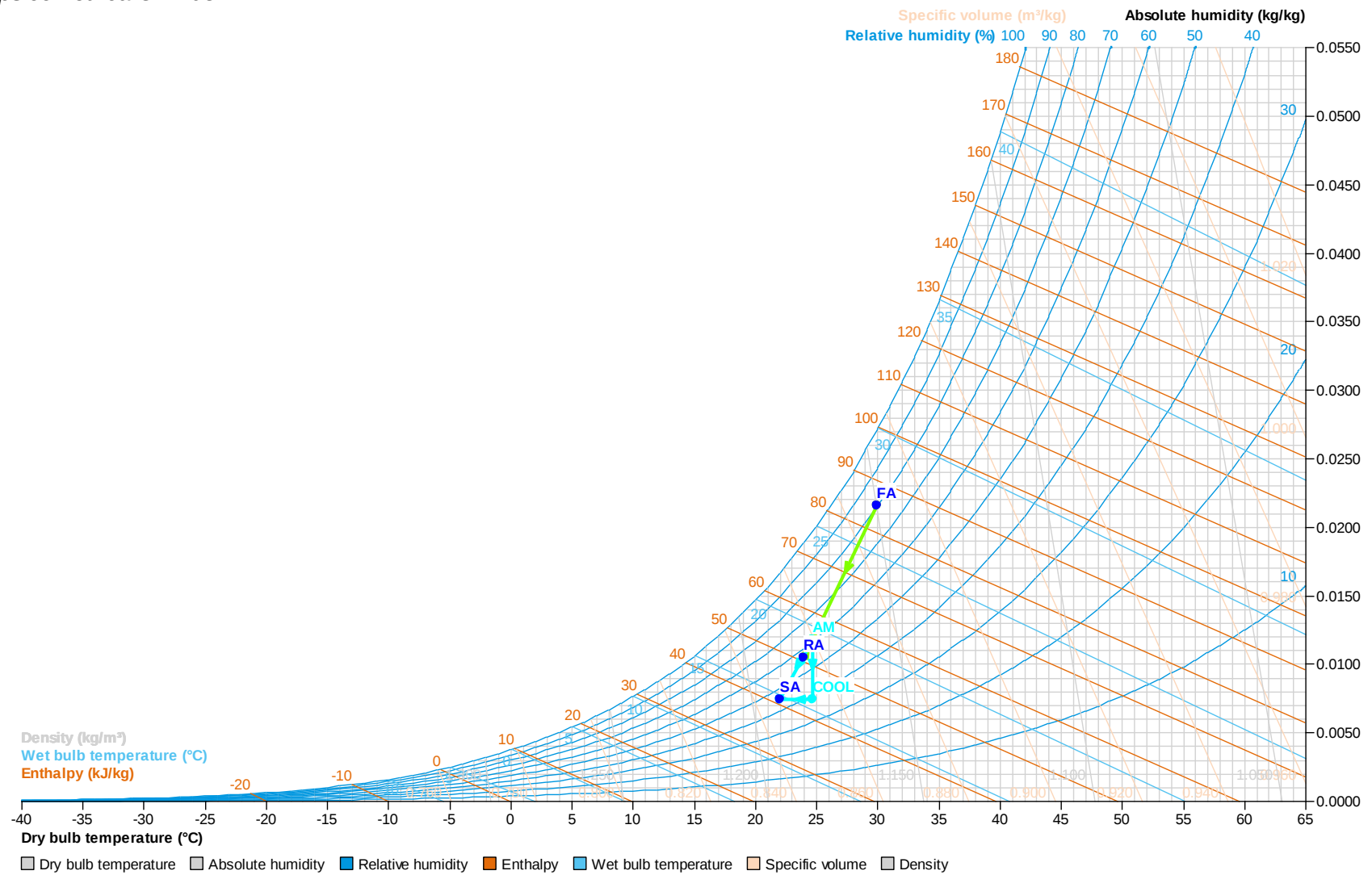
| FA                   |             | RA                   |             | SA                   |             | AM                   |             |
|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Dry bulb temperature | 30.0°C      | Dry bulb temperature | 24.0°C      | Dry bulb temperature | 22.0°C      | Dry bulb temperature | 24.8°C      |
| Wet bulb temperature | 27.1°C      | Wet bulb temperature | 18.0°C      | Wet bulb temperature | 14.7°C      | Wet bulb temperature | 19.5°C      |
| Dew point            | 26.2°C      | Dew point            | 14.7°C      | Dew point            | 9.6°C       | Dew point            | 16.8°C      |
| Relative humidity    | 80.0%       | Relative humidity    | 56.0%       | Relative humidity    | 45.0%       | Relative humidity    | 60.9%       |
| Absolute humidity    | 0.0216kg/kg | Absolute humidity    | 0.0104kg/kg | Absolute humidity    | 0.0074kg/kg | Absolute humidity    | 0.0120kg/kg |
| Enthalpy             | 85.3kJ/kg   | Enthalpy             | 50.7kJ/kg   | Enthalpy             | 40.9kJ/kg   | Enthalpy             | 55.4kJ/kg   |
| Density              | 1.150kg/m³  | Density              | 1.180kg/m³  | Density              | 1.191kg/m³  | Density              | 1.176kg/m³  |
| Specific volume      | 0.889m³/kg  | Specific volume      | 0.856m³/kg  | Specific volume      | 0.846m³/kg  | Specific volume      | 0.860m³/kg  |
| Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  |
| Airflow              | 115m³/h     | Airflow              | 700m³/h     | Airflow              | 815m³/h     | Airflow              | 815m³/h     |
| COOL                 |             |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dry bulb temperature | 24.8°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Wet bulb temperature | 15.7°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dew point            | 9.6°C       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Relative humidity    | 37.9%       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Absolute humidity    | 0.0074kg/kg |                      |             |                      |             |                      |             |
| Enthalpy             | 43.8kJ/kg   |                      |             |                      |             |                      |             |
| Density              | 1.179kg/m³  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Specific volume      | 0.854m³/kg  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Pressure             | 101325.0Pa  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Airflow              | 815m³/h     |                      |             |                      |             |                      |             |

Mix air: FA, RA, AM

Cooling: AM, SA, COOL (Capacities: Total = 3.95kW, Sensible = 0.78kW (20%), Latent = 3.16kW)

Fuente: Daikin

**Figura 32**  
*Carta psicométrica UMA05*



**Tabla 35**

*Valores de la carta psicométrica*

| FA                   |             | RA                   |             | SA                   |             | AM                   |             |
|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Dry bulb temperature | 30.0°C      | Dry bulb temperature | 24.0°C      | Dry bulb temperature | 22.0°C      | Dry bulb temperature | 24.7°C      |
| Wet bulb temperature | 27.1°C      | Wet bulb temperature | 18.0°C      | Wet bulb temperature | 14.7°C      | Wet bulb temperature | 19.3°C      |
| Dew point            | 26.2°C      | Dew point            | 14.7°C      | Dew point            | 9.6°C       | Dew point            | 16.6°C      |
| Relative humidity    | 80.0%       | Relative humidity    | 56.0%       | Relative humidity    | 45.0%       | Relative humidity    | 60.4%       |
| Absolute humidity    | 0.0216kg/kg | Absolute humidity    | 0.0104kg/kg | Absolute humidity    | 0.0074kg/kg | Absolute humidity    | 0.0118kg/kg |
| Enthalpy             | 85.3kJ/kg   | Enthalpy             | 50.7kJ/kg   | Enthalpy             | 40.9kJ/kg   | Enthalpy             | 54.9kJ/kg   |
| Density              | 1.150kg/m³  | Density              | 1.180kg/m³  | Density              | 1.191kg/m³  | Density              | 1.177kg/m³  |
| Specific volume      | 0.889m³/kg  | Specific volume      | 0.856m³/kg  | Specific volume      | 0.846m³/kg  | Specific volume      | 0.860m³/kg  |
| Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  | Pressure             | 101325.0Pa  |
| Airflow              | 592m³/h     | Airflow              | 4136m³/h    | Airflow              | 4728m³/h    | Airflow              | 4728m³/h    |
| COOL                 |             |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dry bulb temperature | 24.7°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Wet bulb temperature | 15.7°C      |                      |             |                      |             |                      |             |
| Dew point            | 9.6°C       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Relative humidity    | 38.1%       |                      |             |                      |             |                      |             |
| Absolute humidity    | 0.0074kg/kg |                      |             |                      |             |                      |             |
| Enthalpy             | 43.7kJ/kg   |                      |             |                      |             |                      |             |
| Density              | 1.180kg/m³  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Specific volume      | 0.854m³/kg  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Pressure             | 101325.0Pa  |                      |             |                      |             |                      |             |
| Airflow              | 4728m³/h    |                      |             |                      |             |                      |             |

Mix air: FA, RA, AM

Cooling: AM, SA, COOL (Capacities: Total = 22.02kW, Sensible = 4.40kW (20%), Latent = 17.62kW)

Fuente: Daikin

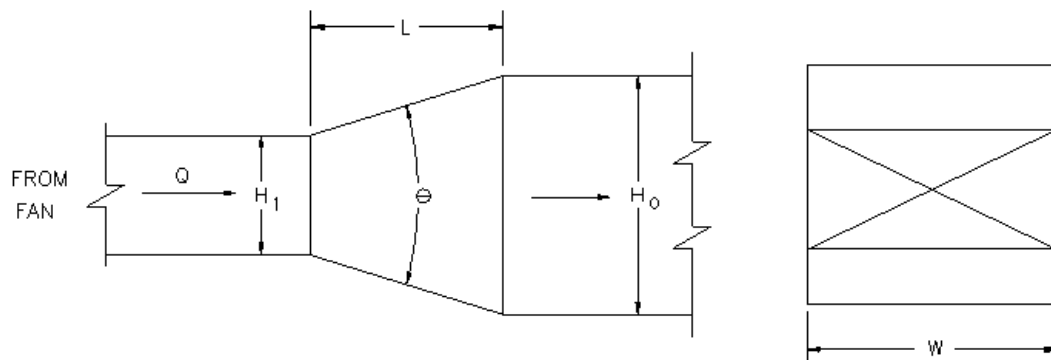
### 3.10 Cálculo de las pérdidas por presión

Para calcular la caída de presión, nos guiaremos del anexo N°1 y además usaremos el software de ASHRAE Duct Fitting Database, el cual nos ayudará para calcular la caída de presión en los ductos.

En la UMA#1 tenemos reducciones en ductos, lo cual nos provoca caídas de presión.

Estas caídas de presión se representan en las siguientes figuras.

**Figura 33**  
Caídas de presión UMA#1



$$A_0/A_1 < \text{ or } > 1$$

| Input              |       | Output                       |      |
|--------------------|-------|------------------------------|------|
| Height (Ho, in.)   | 30    | Angle (Theta, deg.)          | 16   |
| Width (W, in.)     | 36    | Velocity (Vo, fpm)           | 181  |
| Height (H1, in.)   | 22    | Velocity (V1, fpm)           | 247  |
| Length (L, in.)    | 28    | Vel Pres at Vo (Pvo, in. wg) | 0.00 |
| Flow Rate (Q, cfm) | 1360  | Vel Pres at V1 (Pv1, in. wg) | 0.00 |
| Density (lbm/ft^3) | 0.075 | Loss Coefficient (Co)        | 0.20 |
|                    |       | Pressure Loss (in. wg)       | 0.00 |

| Input                          |       | Output                       |      |
|--------------------------------|-------|------------------------------|------|
| Height (Ho, in.)               | 22    | Angle (Theta, deg.)          | 19   |
| Width (W, in.)                 | 28    | Velocity (Vo, fpm)           | 818  |
| Height (H1, in.)               | 16    | Velocity (V1, fpm)           | 1125 |
| Length (L, in.)                | 18    | Vel Pres at Vo (Pvo, in. wg) | 0.04 |
| Flow Rate (Q, cfm)             | 3500  | Vel Pres at V1 (Pv1, in. wg) | 0.08 |
| Density (lbm/ft <sup>3</sup> ) | 0.075 | Loss Coefficient (Co)        | 0.22 |
|                                |       | Pressure Loss (in. wg)       | 0.01 |

| Input                          |       | Output                       |      |
|--------------------------------|-------|------------------------------|------|
| Height (Ho, in.)               | 18    | Angle (Theta, deg.)          | 28   |
| Width (W, in.)                 | 16.0  | Velocity (Vo, fpm)           | 1750 |
| Height (H1, in.)               | 12    | Velocity (V1, fpm)           | 2625 |
| Length (L, in.)                | 12    | Vel Pres at Vo (Pvo, in. wg) | 0.19 |
| Flow Rate (Q, cfm)             | 3500  | Vel Pres at V1 (Pv1, in. wg) | 0.43 |
| Density (lbm/ft <sup>3</sup> ) | 0.075 | Loss Coefficient (Co)        | 0.44 |
|                                |       | Pressure Loss (in. wg)       | 0.08 |

| Input                          |       | Output                       |      |
|--------------------------------|-------|------------------------------|------|
| Height (Ho, in.)               | 12    | Angle (Theta, deg.)          | 14   |
| Width (W, in.)                 | 12    | Velocity (Vo, fpm)           | 3500 |
| Height (H1, in.)               | 10    | Velocity (V1, fpm)           | 4200 |
| Length (L, in.)                | 8     | Vel Pres at Vo (Pvo, in. wg) | 0.76 |
| Flow Rate (Q, cfm)             | 3500  | Vel Pres at V1 (Pv1, in. wg) | 1.10 |
| Density (lbm/ft <sup>3</sup> ) | 0.075 | Loss Coefficient (Co)        | 0.10 |
|                                |       | Pressure Loss (in. wg)       | 0.08 |

Fuente: ASHRAE

Esto se procede a hacer con todas las troncales de las demás UMAs. Luego de haber obtenido todos los valores de caída de presión, procedemos a sumarlos y convertirlos a “Pa”, como se observa en la tabla 35.

**Tabla 36**  
*Perdida de presión*

| Perdidas | UMA#1 | UMA#2 | UMA#3 | UMA#4 | UMA#5 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.05  |
| 2        | 0.01  | 0.02  | 0.01  | 0.00  | 0.05  |

|                      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| <b>3</b>             | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 0.04 | 0.08 |
| <b>4</b>             | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.05 |
| <b>Total (in wg)</b> | 0.17 | 0.12 | 0.10 | 0.15 | 0.23 |
| <b>Total (Pa)</b>    | 42.3 | 29.8 | 24.8 | 37.3 | 57.2 |

Fuente: Propia

## **4. CAPÍTULO VI. RESULTADOS, CONTRATACION DE HIPOTESIS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

### **4.1 Cálculo de cargas**

Según lo analizado en el capítulo 5, sección 5.6.5, se presentan en la tabla 27 las cargas térmicas totales calculadas para las diferentes Unidades de Manejo de Aire (UMA). Estas cargas se desglosan en componentes de calor sensible y latente, según se detalla a continuación:

- Para las áreas correspondientes a la UMA 1, la carga térmica total es de 45,904 BTU/hr, compuesta por 44,004 BTU/hr de calor sensible y 1,900 BTU/hr de calor latente.
- En el caso de la UMA 2, la carga térmica total asciende a 12,155 BTU/hr, de los cuales 8,830 BTU/hr corresponden a calor sensible y 3,325 BTU/hr a calor latente.
- Para la UMA 3, la carga térmica total registrada es de 6,826 BTU/hr, con 4,926 BTU/hr de calor sensible y 1,900 BTU/hr de calor latente.
- En la UMA 4, la carga térmica total alcanza los 25,858 BTU/hr, compuesta por 23,958 BTU/hr de calor sensible y 1,900 BTU/hr de calor latente.
- Finalmente, en la UMA 5, la carga térmica total es de 28,079 BTU/hr, distribuidos en 19,054 BTU/hr de calor sensible y 9,025 BTU/hr de calor latente.

Estas cifras reflejan las características térmicas específicas de cada UMA y permiten un análisis detallado para su diseño y operación.

### **4.2 Dimensionamiento de los ductos**

Tras analizar lo obtenido anteriormente, para el diseño de conductos de aire se debe considerar caudal y velocidades de paso del aire.

Para determinar las velocidades se debe tener un criterio de control de ruido dentro del recinto según aplicación, en este apartado se utilizará los estándares ASHRAE.

Según ASHRAE cada recinto tiene un criterio independiente de control de ruido denominado por la siguiente figura 34. Se debe seleccionar la aplicación a estudiar.

**Figura 34**  
*Carta de control de ruido ASHRAE*

| Room Types                    |                                                                      | Octave Band Analysis <sup>1</sup> | Approximate Overall Sound Pressure Level <sup>2</sup> |                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------|
|                               |                                                                      | NC/RC <sup>3</sup>                | dBA <sup>4</sup>                                      | dBc <sup>4</sup> |
| Hospitals and Clinics         | recital halls                                                        |                                   |                                                       |                  |
|                               | Music teaching studios                                               | 25                                | 30                                                    | 55               |
|                               | Music practice rooms                                                 | 30                                | 35                                                    | 60               |
|                               | Patient rooms                                                        | 30                                | 35                                                    | 60               |
|                               | Wards                                                                | 35                                | 40                                                    | 60               |
|                               | Operating and procedure rooms                                        | 35                                | 40                                                    | 60               |
| Laboratories                  | Corridors and lobbies                                                | 40                                | 45                                                    | 65               |
|                               | Testing/research with minimal speech communication                   | 50                                | 55                                                    | 75               |
|                               | Extensive phone use and speech communication                         | 45                                | 50                                                    | 70               |
| Churches, Mosques, Synagogues | Group teaching                                                       | 35                                | 40                                                    | 60               |
|                               | General assembly with critical music programs <sup>5</sup>           | 25                                | 30                                                    | 55               |
| Schools <sup>6</sup>          | Classrooms                                                           | 30                                | 35                                                    | 60               |
|                               | Large lecture rooms with speech amplification                        | 30                                | 35                                                    | 60               |
|                               | Large lecture rooms without speech amplification                     | 25                                | 30                                                    | 55               |
| Libraries                     |                                                                      | 30                                | 35                                                    | 60               |
| Indoor Stadiums, Gymnasiums   | Gymnasiums and natatoriums <sup>7</sup>                              | 45                                | 50                                                    | 70               |
|                               | Large-seating-capacity spaces with speech amplification <sup>8</sup> | 50                                | 55                                                    | 75               |

N/A = Not applicable  
<sup>1</sup> Values and ranges are based on judgment and experience, and represent general limits of acceptability for typical building occupancies.  
<sup>2</sup> NC: this metric plots octave band sound levels against a family of reference curves, with the number rating equal to the highest tangent line value.  
RC: when sound quality in the space is important, the RC metric provides a diagnostic tool to quantify both the speech interference level and spectral imbalance.  
<sup>3</sup> dBA and dBc: these are overall sound pressure level measurements with A- and C-weighting, and serve as good references for a fast, single-number measurement. They are also appropriate for specification in cases where no octave band sound data

Fuente: ASHRAE

Se empleará un laboratorio de prueba que cuenta con un Nivel de NC de 50 y un nivel de presión sonora de 55 dBA. Con esta clasificación, se procede a la Figura 35, la cual presenta el cuadro de determinación de velocidad necesario para cumplir con el control de ruido (Noise Control) conforme al estándar establecido. En este sentido, la velocidad del flujo de aire debe mantenerse por debajo del NC especificado en la tabla de diseño inicial, cuyo parámetro medio seleccionado corresponde a 50 NC.

**Figura 35***Carta de velocidades según NC ASHRAE*

| Table 8. Maximum Recommended Duct Airflow Velocities to Achieve Specified Acoustic Design Criteria |              |                               |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------|
| Main Duct Location                                                                                 | Design RC(N) | Maximum Airflow Velocity, fpm |               |
|                                                                                                    |              | Rectangular Duct              | Circular Duct |
| In shaft or above drywall ceiling                                                                  | 45           | 3500                          | 5000          |
|                                                                                                    | 35           | 2500                          | 3500          |
|                                                                                                    | 25           | 1700                          | 2500          |
| Above suspended acoustic ceiling                                                                   | 45           | 2500                          | 4500          |
|                                                                                                    | 35           | 1750                          | 3000          |
|                                                                                                    | 25           | 1200                          | 2000          |
| Duct located within occupied space                                                                 | 45           | 2000                          | 3900          |
|                                                                                                    | 35           | 1450                          | 2600          |
|                                                                                                    | 25           | 950                           | 1700          |

Fuente: ASHRAE

La presente tabla determina la velocidad de paso del aire dentro del tipo de ducto (rectangular/circular), en nuestra aplicación tenemos ductos expuestos al exterior que nos permite emplear más velocidad dentro de los conductos, sin embargo, no se diseñará así los conductos por consideraciones de caída de presión.

La velocidad máxima que se utilizará en el proyecto es de 2100 FPM que se clasifica en un NC 35 para ductos expuestos al exterior para ductos rectangulares.

#### 4.3 Dimensionamiento de equipo de refrigeración con respecto a las pérdidas

Como podemos evidenciar en cálculos anteriores se pudo obtener las pérdidas de presión en los ductos, con este dato podremos dimensionar adecuadamente nuestro equipo de refrigeración. Los aumentos de flujos se evidencian en la tabla 37.

**Tabla 37***Caudal de aire y carga térmica por UMAS*

| UMAS  | Pérdidas (Pa) | Volumen adicional de aire (m <sup>3</sup> /s) | Vol (m <sup>3</sup> /h) |
|-------|---------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| UMA 1 | 42.3          | 0.0478                                        | 172.005                 |
| UMA 2 | 29.8          | 0.0343                                        | 123.400                 |
| UMA 3 | 24.8          | 0.0172                                        | 61.987                  |
| UMA 4 | 37.3          | 0.0155                                        | 55.660                  |

|              |      |        |         |
|--------------|------|--------|---------|
| <b>UMA 5</b> | 57.2 | 0.1369 | 492.928 |
|--------------|------|--------|---------|

Fuente: Propia

#### 4.4 Cálculo de los equipos de refrigeración

Para seleccionar y dimensionar el equipo de refrigeración se debe tener en cuenta la carga térmica total y los flujos de aire que necesita cada sala. Como anteriormente ya hemos separado las áreas por Unidades de Manejo de Aire (UMA). Entonces procederemos a representar estos datos en la tabla 38.

**Tabla 38**

*Caudal de aire y carga térmica por UMAS*

| <b>UMAS</b>  | <b>AIRE TOTAL<br/>SUMINISTRADO<br/>(m<sup>3</sup>/h)</b> | <b>CARGA<br/>SENSIBLE</b> | <b>CARGA<br/>LATENTE</b> | <b>CARGA<br/>TOTAL</b> |
|--------------|----------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| <b>UMA 1</b> | 2391                                                     | 44004                     | 1900                     | 45904                  |
| <b>UMA 2</b> | 2399                                                     | 8830                      | 3325                     | 12155                  |
| <b>UMA 3</b> | 1434                                                     | 4926                      | 1900                     | 6826                   |
| <b>UMA 4</b> | 871                                                      | 23958                     | 1900                     | 25858                  |
| <b>UMA 5</b> | 5220                                                     | 19054                     | 9025                     | 28079                  |

Fuente: Propia

#### 4.5 Selección de los equipos de refrigeración

Analizando las cargas térmicas y el caudal de aire obtenido tenemos 2 opciones a elegir, equipos de aire acondicionado Split ducto o unidades manejadoras de aire.

Cada uno tiene sus propias ventajas y desventajas, pero en nuestro caso seleccionaremos las unidades manejadoras de aire debido a sus múltiples ventajas, donde destaca lo siguiente:

- **Control Preciso de las Condiciones Ambientales**

Las UMAs permiten un control más detallado de parámetros como la temperatura, la humedad relativa y la calidad del aire, lo cual es esencial en entornos que demandan altos estándares de calidad, como laboratorios, plantas farmacéuticas o instalaciones

industriales. Además, las UMAs integran sistemas avanzados de humidificación y deshumidificación, capacidades que suelen estar ausentes en los sistemas tipo Split Ducto.

- **Capacidad para Manejar Grandes Volúmenes de Aire**

Diseñadas para procesar mayores volúmenes de aire, las UMAs son ideales para espacios amplios o con alta densidad de ocupación. Esto garantiza un control más uniforme de la temperatura y el clima en comparación con los equipos Split Ducto.

- **Flexibilidad en Configuración y Filtración**

Las UMAs permiten la implementación de sistemas de filtración en múltiples etapas, que incluyen filtros primarios y terminales de alta eficiencia (H13 o H14). Esto resulta crucial para cumplir con los estándares de calidad del aire en áreas críticas. En comparación, los sistemas Split Ducto presentan limitaciones tanto en la capacidad de filtración como en la personalización de sus configuraciones.

- **Eficiencia Energética y Operativa**

Aunque el costo inicial de las UMAs es mayor, su diseño optimizado puede ofrecer una mayor eficiencia energética, adaptándose específicamente a las necesidades del ambiente. Además, permiten la recirculación controlada del aire, lo que disminuye la carga térmica asociada al tratamiento continuo de aire fresco.

- **Integración con Sistemas Centralizados de Climatización**

Las UMAs se integran fácilmente con sistemas centralizados, facilitando la automatización, la monitorización y la conexión con otras unidades de manejo de aire. Esta característica es especialmente relevante en instalaciones grandes que requieren un control climático en múltiples zonas.

- **Durabilidad y Mantenimiento**

Las UMAs están diseñadas para aplicaciones intensivas en entornos industriales o comerciales, lo que garantiza su durabilidad. Además, su diseño modular facilita las tareas de mantenimiento, reparación o actualización de componentes sin necesidad de detener el sistema completo.

En resumen, las características superiores de las UMAs en cuanto a control, capacidad, eficiencia y adaptabilidad, las convierten en la opción más adecuada para entornos con requerimientos estrictos de calidad y eficiencia ambiental

Teniendo en cuenta todas estas características se realizó la selección de las Unidades de Manejo de Aire (UMA) destinadas a las diferentes áreas, priorizando equipos de proveedores que cumplan con los requerimientos establecidos. Se identificaron cinco equipos que satisfacen las necesidades especificadas. Las fichas técnicas correspondientes se presentan en las figuras siguientes.

#### 4.6 Selección de difusores y rejillas

Para la selección de rejillas nos basaremos en lo calculado previamente y nos basaremos adicionalmente en la ASHRAE, que observamos en la figura 36.

**Figura 36**

Tabla de elementos terminales de aire

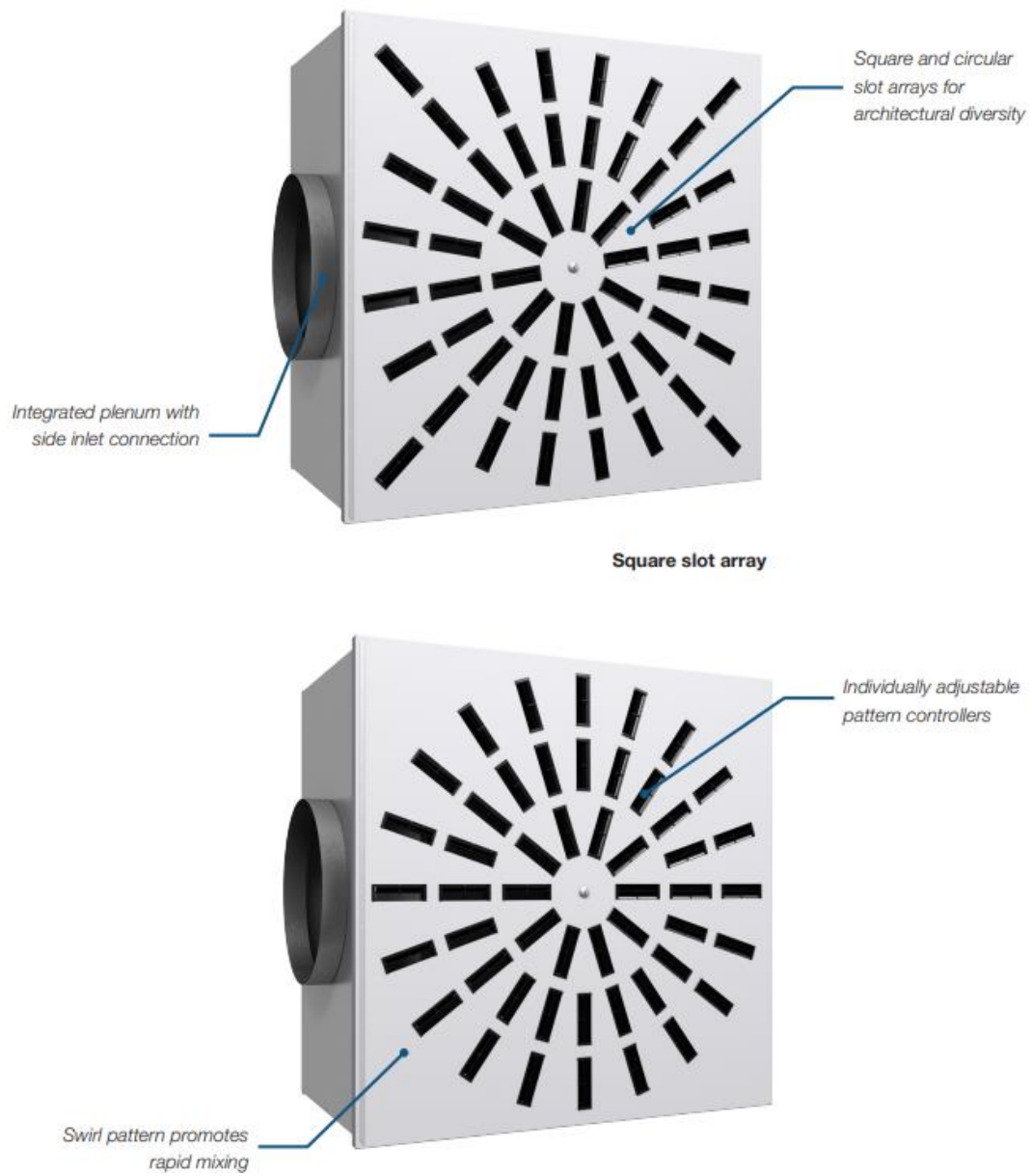
| Table 9. Maximum Recommended Air Velocities at Neck of Supply Diffusers or Return Registers to Achieve Specified Acoustical Design Criteria |              |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Type of Opening                                                                                                                             | Design RC(N) | "Free" Opening Airflow Velocity, fpm |
| Supply air outlet                                                                                                                           | 45           | 625                                  |
|                                                                                                                                             | 40           | 560                                  |
|                                                                                                                                             | 35           | 500                                  |
|                                                                                                                                             | 30           | 425                                  |
|                                                                                                                                             | 25           | 350                                  |
| Return air opening                                                                                                                          | 45           | 750                                  |
|                                                                                                                                             | 40           | 675                                  |
|                                                                                                                                             | 35           | 600                                  |
|                                                                                                                                             | 30           | 500                                  |

Fuente: ASHRAE

La figura 36 explica la velocidad en el núcleo del terminal para cumplir el NC seleccionado según aplicación.

La selección de rejilla deberá ser por medio de catálogos de fabricantes o por la determinación de área efectiva del difusor o rejilla. En esta ocasión se utilizará catálogos de selección según Price que lo observamos en la figura 37 y 38.

**Figura 37**  
Datos de rendimiento Difusor radial



Fuente: Price

**Figura 38**  
Datos de rendimiento Difusor radial

**RSD**  
**Radial Slot Diffuser**

## PERFORMANCE DATA

### 24 in. x 24 in. - Circular Array

| Inlet Size | Neck Velocity (fpm)<br>Velocity Pressure (in. w.g.) | 200<br>0.002 | 300<br>0.006 | 400<br>0.010 | 500<br>0.016 | 600<br>0.022 | 700<br>0.031 | 800<br>0.040 | 900<br>0.050 | 1000<br>0.062 | 1200<br>0.090 |
|------------|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 8"ø        | Static Pressure (in. w.g.)                          | 0.006        | 0.013        | 0.022        | 0.032        | 0.045        | 0.059        | 0.075        | 0.093        | 0.112         | 0.155         |
|            | Flow Rate (cfm)                                     | 70           | 105          | 140          | 175          | 209          | 244          | 279          | 314          | 349           | 419           |
|            | Sound (NC)                                          | -            | -            | -            | -            | 16           | 21           | 25           | 28           | 31            | 36            |
|            | Throw (ft.)                                         | 1-1-2        | 1-2-3        | 1-2-4        | 2-3-6        | 2-3-7        | 3-4-8        | 3-4-9        | 3-5-10       | 4-6-11        | 4-7-12        |
| 10"ø       | Static Pressure (in. w.g.)                          | 0.013        | 0.027        | 0.045        | 0.067        | 0.092        | 0.122        | 0.155        | 0.191        | 0.231         |               |
|            | Flow Rate (cfm)                                     | 109          | 164          | 218          | 273          | 327          | 382          | 436          | 491          | 545           |               |
|            | Sound (NC)                                          | -            | -            | 18           | 24           | 29           | 33           | 37           | 41           | 44            |               |
|            | Throw (ft.)                                         | 1-2-3        | 2-3-5        | 2-3-7        | 3-4-9        | 3-5-10       | 4-6-11       | 5-7-12       | 5-8-13       | 6-9-14        |               |
| 12"ø       | Static Pressure (in. w.g.)                          | 0.025        | 0.052        | 0.086        | 0.129        | 0.178        | 0.235        | 0.298        |              |               |               |
|            | Flow Rate (cfm)                                     | 157          | 236          | 314          | 393          | 471          | 550          | 628          |              |               |               |
|            | Sound (NC)                                          | -            | 20           | 28           | 34           | 39           | 44           | 48           |              |               |               |
|            | Throw (ft.)                                         | 2-3-5        | 3-4-8        | 3-5-10       | 4-6-11       | 5-8-13       | 6-9-14       | 7-10-15      |              |               |               |

### 24 in. x 24 in. - Square Array

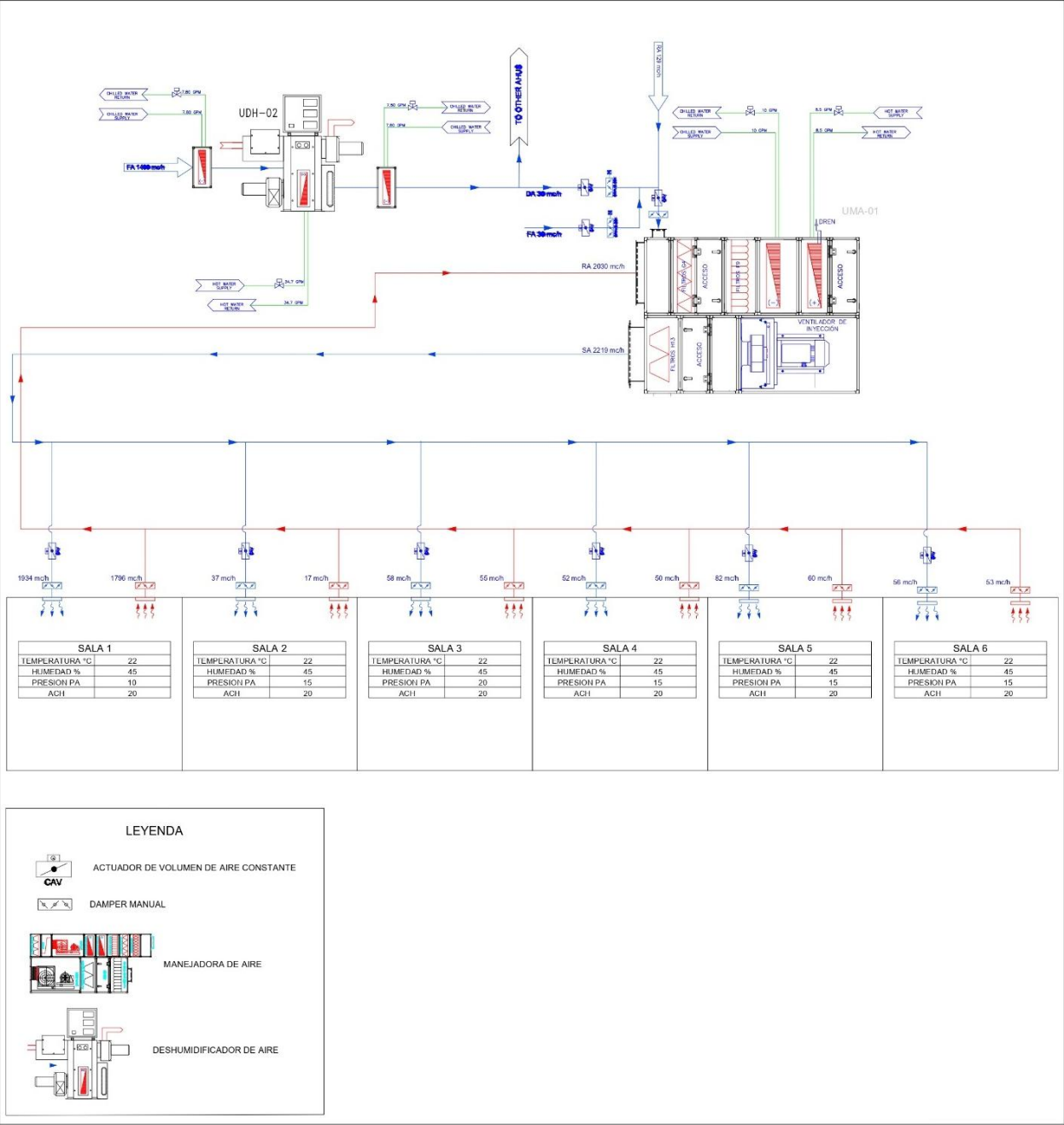
| Inlet Size | Neck Velocity (fpm)<br>Velocity Pressure (in. w.g.) | 200<br>0.002 | 300<br>0.006 | 400<br>0.010 | 500<br>0.016 | 600<br>0.022 | 700<br>0.031 | 800<br>0.040 | 900<br>0.050 | 1000<br>0.062 | 1200<br>0.090 |
|------------|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 8"ø        | Static Pressure (in. w.g.)                          | 0.006        | 0.013        | 0.021        | 0.030        | 0.041        | 0.054        | 0.067        | 0.083        | 0.099         | 0.135         |
|            | Flow Rate (cfm)                                     | 70           | 105          | 140          | 175          | 209          | 244          | 279          | 314          | 349           | 419           |
|            | Sound (NC)                                          | -            | -            | -            | -            | 17           | 21           | 25           | 28           | 31            | 36            |
|            | Throw (ft.)                                         | 0-0-2        | 0-1-3        | 1-2-4        | 1-2-6        | 2-3-7        | 2-4-8        | 3-4-9        | 3-5-10       | 4-6-11        | 4-7-13        |
| 10"ø       | Static Pressure (in. w.g.)                          | 0.011        | 0.022        | 0.038        | 0.057        | 0.079        | 0.105        | 0.134        | 0.167        | 0.202         |               |
|            | Flow Rate (cfm)                                     | 109          | 164          | 218          | 273          | 327          | 382          | 436          | 491          | 545           |               |
|            | Sound (NC)                                          | -            | -            | 18           | 24           | 29           | 34           | 37           | 41           | 44            |               |
|            | Throw (ft.)                                         | 0-1-3        | 1-2-5        | 2-3-7        | 3-4-9        | 3-5-10       | 4-6-12       | 5-7-13       | 5-8-14       | 6-9-15        |               |
| 12"ø       | Static Pressure (in. w.g.)                          | 0.026        | 0.053        | 0.089        | 0.132        | 0.182        | 0.239        | 0.303        |              |               |               |
|            | Flow Rate (cfm)                                     | 157          | 236          | 314          | 393          | 471          | 550          | 628          |              |               |               |
|            | Sound (NC)                                          | -            | 20           | 28           | 34           | 39           | 44           | 48           |              |               |               |
|            | Throw (ft.)                                         | 1-2-5        | 2-4-8        | 3-5-10       | 4-6-12       | 5-8-14       | 6-9-15       | 7-10-16      |              |               |               |

Fuente: Price

## 4.7 Diseño e instalación de equipos de aire acondicionado

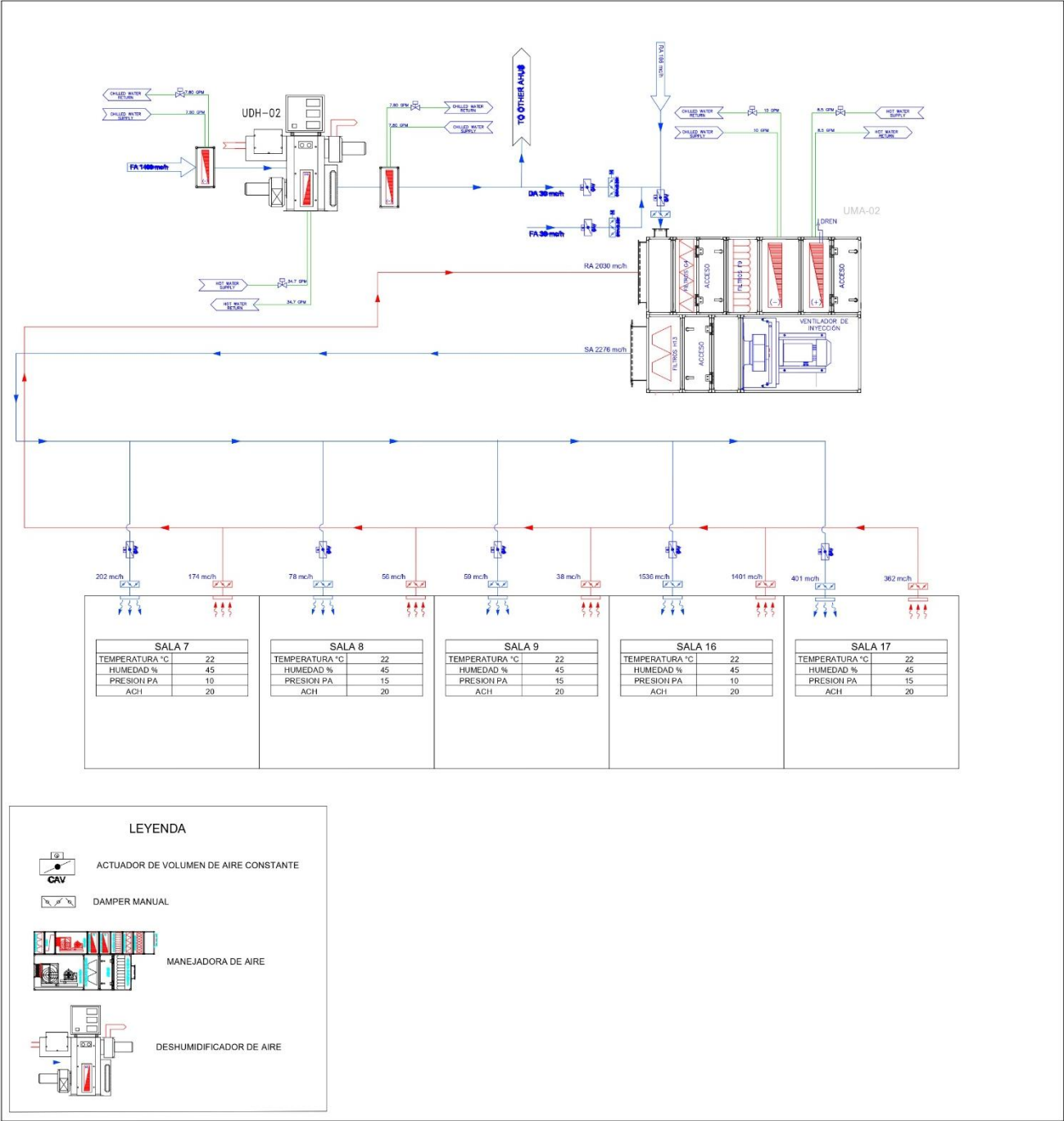
El diseño e instalación del equipo se llevará a cabo tomando como base los cálculos previos obtenidos en cada una de las secciones correspondientes. A continuación, se presenta las figuras referenciales que ilustraran las disposiciones y configuraciones de los equipos para los diferentes ambientes.

Figura 39  
P&ID UMA1



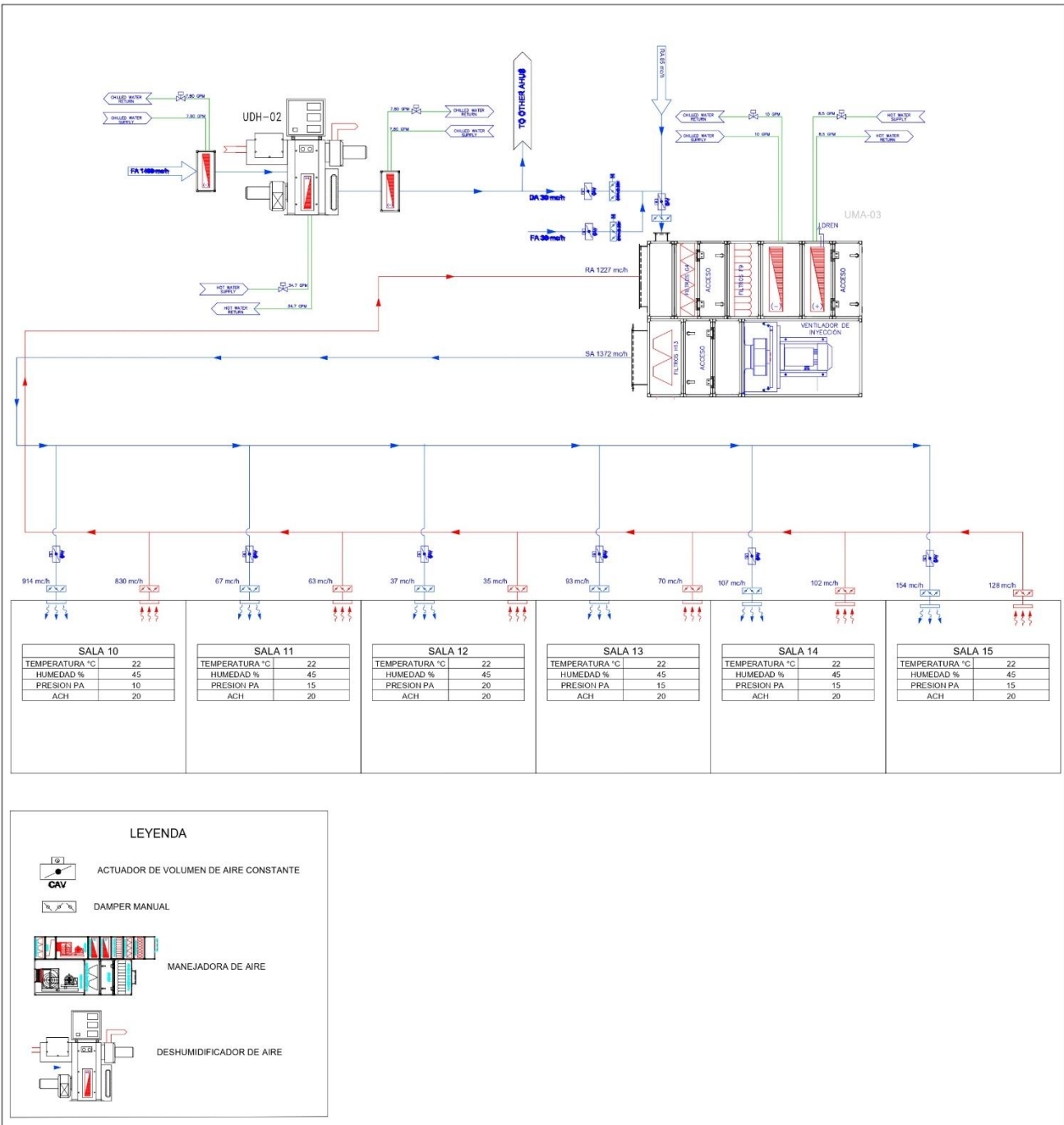
Fuente: Propia

**Figura 40**  
**P&ID UMA2**



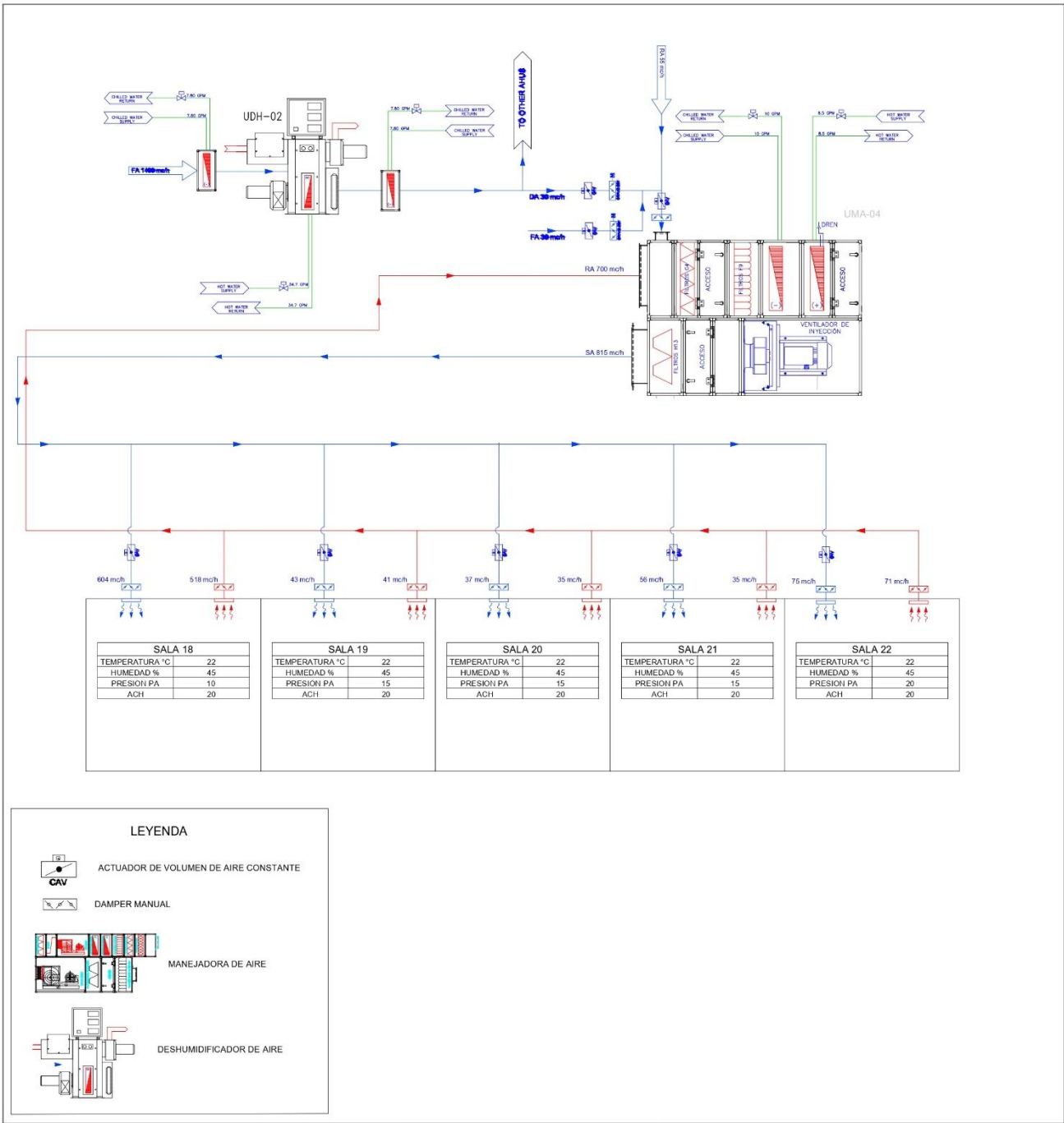
Fuente: Propia

Figura 41  
P&ID UMA3



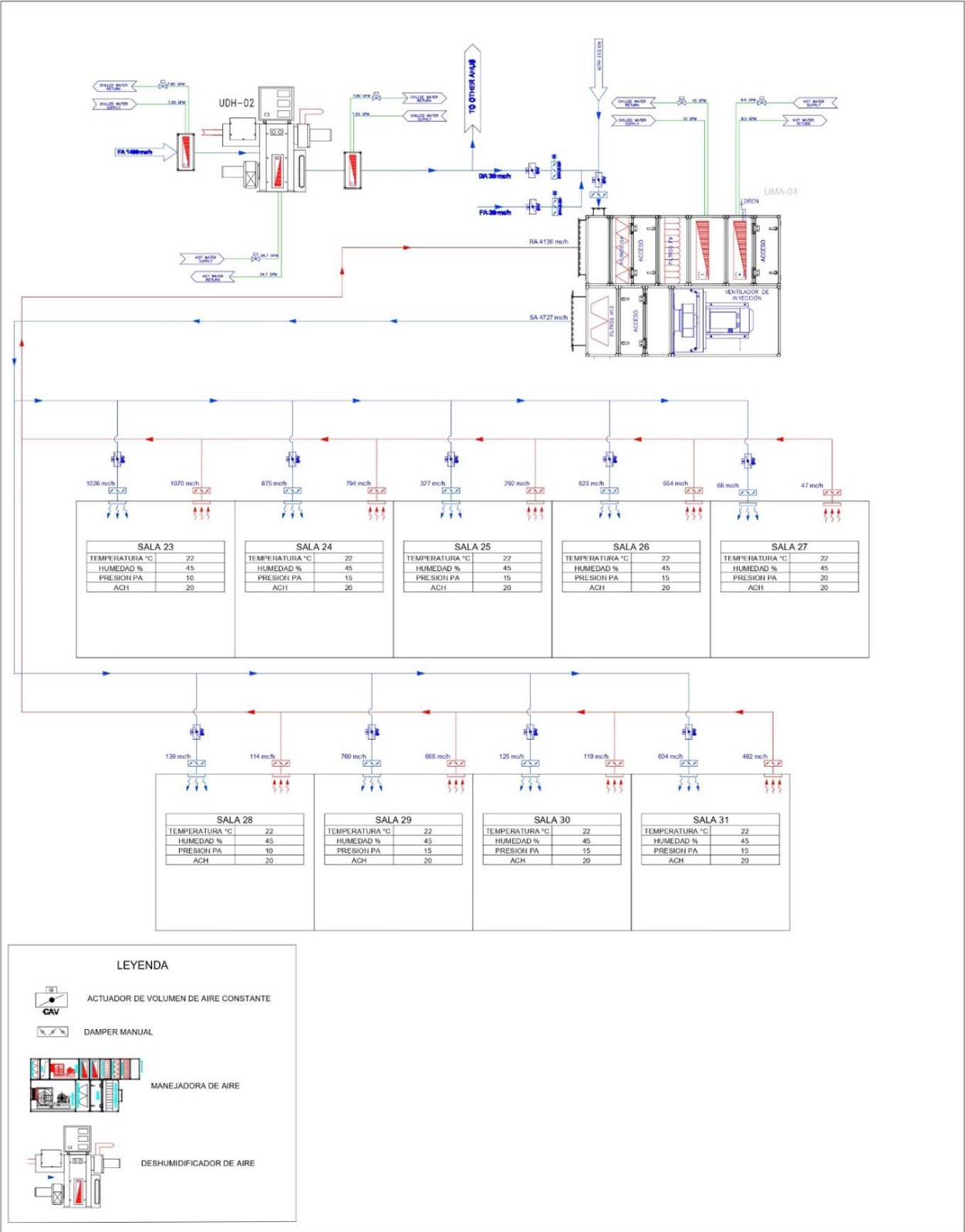
Fuente: Propia

Figura 42  
P&ID UMA4



Fuente: Propia

Figura 43  
P&ID UMA5



Fuente: Propia

#### 4.8 Presupuesto referencial de la instalación de las unidades manejadoras de aire

En la tabla 39, se representa un presupuesto referencial del costo del proyecto.

**Tabla 39**  
*Presupuesto referencial*

| ITEM           | DESCRIPCIÓN                                                                                | UNID. | METRADO | UNITARIO  | TOTAL     |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|-----------|-----------|
| <b>1.0</b>     | <b>SISTEMA HVAC</b>                                                                        |       |         |           |           |
| <b>1.1</b>     | <b>DUCTOS, REJILLAS, ACCESORIOS</b>                                                        |       |         |           |           |
| 1.1.1          | DUCTOS DE PLANCHA DE FIERRO GALVANIZADO                                                    | Kg.   | 3265    | 4.20      | 13,705.42 |
| 1.1.2          | AISLAMIENTO DE DUCTOS INTERIORES CON LANA DE VIDRIO                                        | m2    | 268     | 9.79      | 2,624.95  |
| 1.1.3          | AISLAMIENTO DE DUCTOS EXPUESTOS A LA INTERPERIE CON LANA DE VIDRIO                         | m2    | 55      | 9.79      | 538.70    |
| 1.1.4          | ENCHAQUETADO DE DUCTERIA EXPUESTOS A LA INTERPERIE CON PLANCHAS GLAVANIZADA 1/54"          | m2    | 55      | 16.79     | 923.49    |
| 1.1.5          | REJILLA DIFUSOR ROTACIONAL DE AIRE 300X300                                                 | Und   | 15      | 238.13    | 3,572.02  |
| 1.1.6          | REJILLA DIFUSOR ROTACIONAL DE AIRE H14 300X300                                             | Und   | 16      | 275.91    | 4,414.62  |
| 1.1.7          | REJILLA DIFUSOR ROTACIONAL DE AIRE H14 600x600                                             | Und   | 12      | 294.80    | 3,537.64  |
| 1.1.8          | REJILLA DE RETORNO PARED 12"X12".                                                          | Und   | 28      | 15.22     | 426.26    |
| 1.1.9          | REJILLA DE RETORNO TECHO 12"X12".                                                          | Und   | 14      | 15.22     | 213.13    |
| 1.1.10         | FILTROS PLEGABLE 30% EFIC G4 DE 24"X24"                                                    | Und   | 5       | 62.97     | 314.83    |
| 1.1.11         | FILTROS RIGIDO 90% EFIC. F9 DE 24"X24"                                                     | Und   | 5       | 174.90    | 874.52    |
| 1.1.12         | FILTROS RIGIDO 99% EFIC. H13 DE 24"X24"                                                    | Und   | 5       | 174.90    | 874.52    |
| 1.1.13         | FILTROS RIGIDO 99% EFIC. H14 DE 24"X24"                                                    | Und   | 5       | 174.90    | 874.52    |
| 1.1.14         | CAJA PORTAFILTRO PARA FILTRO CORRUGADO, BOLSA Y H13                                        | Und   | 5       | 503.72    | 2,518.61  |
| <b>1.2</b>     | <b>TUBERÍAS PARA AIRE ACONDICIONADO</b>                                                    |       |         |           |           |
| <b>1.2.1</b>   | <b>TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE AGUA HELADA</b>                                                |       |         |           |           |
| 1.2.1.1        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 4"                                       | m     | 64      | 125.37    | 8,023.72  |
| 1.2.1.2        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 3"                                       | m     | 12      | 110.54    | 1,326.47  |
| 1.2.1.3        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 2-1/2"                                   | m     | 36      | 95.15     | 3,425.31  |
| 1.2.1.4        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 1-1/4"                                   | m     | 18      | 58.77     | 1,057.82  |
| 1.2.1.5        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 1"                                       | m     | 30      | 50.37     | 1,511.16  |
| <b>1.2.2</b>   | <b>TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE AGUA CALIENTE</b>                                              |       |         |           |           |
| 1.2.2.1        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 1-1/4"                                   | m     | 58      | 58.77     | 3,408.52  |
| 1.2.2.2        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 1"                                       | m     | 18      | 50.37     | 906.70    |
| 1.2.2.3        | TUBERÍAS Y ACCESORIOS TIPO PPR PARA AGUA HELADA Ø 3/4"                                     | m     | 48      | 43.38     | 2,082.05  |
| <b>1.2.3</b>   | <b>EQUIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA Y AIRE ACONDICIONADO</b>                                |       |         |           |           |
| <b>1.2.3.1</b> | <b>EQUIPOS UNIDAD MANEJADORA DE AIRE</b>                                                   |       |         |           |           |
| 1.2.3.1        | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIDAD MANEJADORA DE AIRE: UMA-01 - 2557 M3/HR - 440V/3F/60Hz. | Und   | 1       | 16,475.89 | 16,475.89 |
| 1.2.3.2        | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIDAD MANEJADORA DE AIRE: UMA-01 - 2618 M3/HR - 440V/3F/60Hz. | Und   | 1       | 16,808.21 | 16,808.21 |

|                |                                                                                                       |     |    |           |           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|-----------|-----------|
| 1.2.3.3        | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIDAD MANEJADORA DE AIRE: UMA-01 - 1720 M3/HR - 440V/3F/60Hz.            | Und | 1  | 14,198.65 | 14,198.65 |
| 1.2.3.4        | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIDAD MANEJADORA DE AIRE: UMA-01 - 1302 M3/HR - 440V/3F/60Hz.            | Und | 1  | 12,395.40 | 12,395.40 |
| 1.2.3.5        | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIDAD MANEJADORA DE AIRE: UMA-01 - 5818 M3/HR - 440V/3F/60Hz.            | Und | 1  | 27,932.84 | 27,932.84 |
| <b>1.2.3.2</b> | <b>ACCESORIOS DE AGUA HELADA PARA UMAS</b>                                                            |     |    |           |           |
| 1.2.3.2.1      | VÁLVULAS COMBINADAS DE BALANCEO Y CONTROL INDEPENDIENTES DE PRESIÓN TIPO MODULANTE DE Ø 4"            | Und | 3  | 2,805.45  | 8,416.35  |
| 1.2.3.2.2      | VÁLVULAS COMBINADAS DE BALANCEO Y CONTROL INDEPENDIENTES DE PRESIÓN TIPO MODULANTE DE Ø 2"            | Und | 1  | 1,916.94  | 1,916.94  |
| 1.2.3.2.3      | VÁLVULAS COMBINADAS DE BALANCEO Y CONTROL INDEPENDIENTES DE PRESIÓN TIPO MODULANTE DE Ø 1.1/2"        | Und | 1  | 1,637.09  | 1,637.09  |
| 1.2.3.2.4      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANOMETROS GLICERINA DE Ø 4" DIAL, 1/4" NPT, RANGO DE 0 A 150 PSI.        | Und | 10 | 187.50    | 1,874.96  |
| 1.2.3.2.5      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TERMOMETROS DE COLUMNA DE 6" DE LARGO, TERMOPOZO 1/4" NPT, RANGO 0 a 80°C | Und | 10 | 137.12    | 1,371.24  |
| 1.2.3.2.6      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO TIPO "Y" DE Ø 4"                                                   | Und | 3  | 2,322.72  | 6,968.15  |
| 1.2.3.2.7      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO TIPO "Y" DE Ø 2"                                                   | Und | 1  | 223.88    | 223.88    |
| 1.2.3.2.8      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO TIPO "Y" DE Ø 1-1/2"                                               | Und | 1  | 195.89    | 195.89    |
| 1.2.3.2.9      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULAS DE BALANCEO (CIRCUIT SETTER) DE Ø 4"                             | Und | 1  | 867.52    | 867.52    |
| <b>1.2.3.3</b> | <b>ACCESORIOS DE AGUA CALIENTE PARA UMAS</b>                                                          |     |    |           |           |
| 1.2.3.3.1      | VÁLVULAS COMBINADAS DE BALANCEO Y CONTROL INDEPENDIENTES DE PRESIÓN TIPO MODULANTE DE Ø 1.1/4"        | Und | 1  | 1,273.30  | 1,273.30  |
| 1.2.3.3.2      | VÁLVULAS COMBINADAS DE BALANCEO Y CONTROL INDEPENDIENTES DE PRESIÓN TIPO MODULANTE DE Ø 1"            | Und | 2  | 1,105.39  | 2,210.78  |
| 1.2.3.3.3      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANOMETROS GLICERINA DE Ø 4" DIAL, 1/4" NPT, RANGO DE 0 A 150 PSI.        | Und | 10 | 187.50    | 1,874.96  |
| 1.2.3.3.4      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TERMOMETROS DE COLUMNA DE 6" DE LARGO, TERMOPOZO 1/4" NPT, RANGO 0 a 80°C | Und | 10 | 137.12    | 1,371.24  |
| 1.2.3.3.5      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO TIPO "Y" DE Ø 1-1/4"                                               | Und | 1  | 195.89    | 195.89    |
| 1.2.3.3.6      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO TIPO "Y" DE Ø 1"                                                   | Und | 1  | 160.91    | 160.91    |
| 1.2.3.3.7      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULAS DE BALANCEO (CIRCUIT SETTER) DE Ø 1.1/2"                         | Und | 1  | 244.86    | 244.86    |
| <b>1.2.3.4</b> | <b>CAJA VAC (REGULADORES DE CAUDAL)</b>                                                               |     |    |           |           |
| 1.2.3.4.1      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJAS VAC - 0 A 200 CFM                                                   | Und | 22 | 1,029.83  | 22,656.27 |
| 1.2.3.4.2      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJAS VAC - 300 A 550 CFM                                                 | Und | 24 | 1,112.39  | 26,697.24 |
| 1.2.3.4.3      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJAS VAC - 550 A 990 CFM                                                 | Und | 3  | 1,112.39  | 3,337.16  |
| <b>1.2.3.5</b> | <b>SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN</b>                                                            |     |    |           |           |
| 1.2.3.5.1      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO T.C.UMA-PRE-01                                                    | Glb | 1  | 5,037.22  | 5,037.22  |
| 1.2.3.5.2      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO T.C.UMA-01                                                        | Glb | 1  | 5,037.22  | 5,037.22  |
| 1.2.3.5.3      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO T.C.UMA-02                                                        | Glb | 1  | 5,037.22  | 5,037.22  |
| 1.2.3.5.4      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO T.C.UMA-03                                                        | Glb | 1  | 5,037.22  | 5,037.22  |
| 1.2.3.5.5      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO T.C.UMA-04                                                        | Glb | 1  | 6,996.13  | 6,996.13  |
| 1.2.3.5.6      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO TF-01 / TC-ECG-01                                                 | Glb | 1  | 2,826.44  | 2,826.44  |
| 1.2.3.5.7      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO TF-02 / TC-ECG-02                                                 | Glb | 1  | 2,826.44  | 2,826.44  |
| 1.2.3.5.8      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO TF-03 / TC-ECG-03                                                 | Glb | 1  | 2,826.44  | 2,826.44  |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |    |          |          |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|----------|----------|
| 1.2.3.5.9      | SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Und | 22 | 167.91   | 3,693.96 |
| 1.2.3.5.10     | TRANSDUCTOR DE PRESION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Und | 20 | 202.89   | 4,057.76 |
| <b>1.2.3.6</b> | <b>PRUEBAS Y BALANCEO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |    |          |          |
| 1.2.3.6.1      | PRUEBAS DE HERMETICIDAD EN MUESTREO DE RED DE DUCTOS NUEVOS DE ACUERDO A LA NORMA SMACNA (HVAC AIR DUCT LEAKAGE TEST MANUAL)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Glb | 1  | 909.50   | 909.50   |
| 1.2.3.6.2      | PUESTA EN MARCHA, ENTREGANDO PROTOCOLOS Y REPORTE DE LA MISMA, Y REPORTE DE CONDICIONES EN QUE QUEDA EL SISTEMA OPERANDO, COMO SON FLUJOS DE AIRE. PRESIONES ESTÁTICAS, RPM'S, AMPERAJES, VOLTAJE. MEDICIONES CON INSTRUMENTOS CON CALIBRACIÓN VIGENTE.<br>(LOS CERTIFICADOS A ENTREGAR SERÁN DE TODOS LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA PUESTA EN MARCHA CON FECHA DE CALIBRACIÓN VIGENTE, INCLUYE DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN SALAS).                                                                                                                                                                        | Glb | 1  | 629.65   | 629.65   |
| 1.2.3.6.3      | BALANCEO DE SISTEMA HVAC, VERIFICANDO FLUJOS DE INYECCIÓN, FLUJOS DE EXTRACCIÓN, PRESIONES DIFERENCIALES ENTRE CUARTO. ENTREGANDO REPORTE POR ESCRITOS Y CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN VIGENTES DE INSTRUMENTOS UTILIZADOS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Glb | 1  | 727.60   | 727.60   |
| 1.2.3.6.4      | COMISIONAMIENTO DE SALAS, INCLUYE DOSSIER DE CALIDAD, PROTOCOLOS IQ, OQ. USO DE EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS COMO BALÓMETRO ALNOR, ANEMÓMETRO Y MICROMANÓMETRO ALNOR. BALANCE DE CAUDALES DE AIRE, VERIFICACIÓN DE NÚMERO DE RENOVACIONES HORA Y PRESIONES DIFERENCIALES.<br>REGULACIONES DEL SISTEMA PARA QUE QUEDE OPERATIVO 100%.<br>(SE REALIZARÁ CON LA COMPROBACIÓN DE VALIDACIONES. PARA DIFUSORES ACCESIBLES HASTA 3 METROS SE REALIZARÁ CON BALOMETRO, PARA ÁREAS MUY ALTAS Y POCO ACCESIBLES SE REALIZARÁ CON ANEMÓMETRO POR MEDIO DE LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD) Y PRUEBA DE INTEGRIDAD DE FILTROS HEPA. | Glb | 1  | 4,477.52 | 4,477.52 |

Fuente: Propia

## Conclusiones

Luego de obtener los cálculos para el adecuado control del nivel de temperatura, humedad relativa, presión diferencial, renovaciones de aire, partículas de aire, niveles de contaminación y los tipos de filtros para una sala limpia Clase ISO 8, además de cumplir con las normas establecidas por parte de DIGEMID se concluye:

- El sistema de climatización diseñado es fundamental para mantener las condiciones ambientales dentro del laboratorio, asegurando la estabilidad de los productos farmacéuticos, la seguridad del personal y el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Controlar variables como la temperatura, humedad y la presión diferencial minimiza el riesgo de contaminación cruzada y garantiza la calidad del producto final.
- El sistema HVAC implementado permite una gestión eficiente del aire, asegurando su filtración y renovación según los requerimientos normativos. La aplicación de filtros HEPA y el control de presiones diferenciales contribuyen a la creación de un entorno seguro y libre de contaminantes, lo que impacta directamente en la eficiencia del proceso productivo y en la conformidad con los estándares de calidad.
- Se ha empleado la norma ISO 14644 para la clasificación de las salas limpias, la normativa DIGEMID para el cumplimiento de las BPM, y los estándares ASHRAE para el diseño de los sistemas de ventilación. Dentro del proceso, la mayor criticidad se encuentra en la regulación de la presión diferencial entre las salas, ya que garantiza la direccionalidad del flujo de aire y evita contaminaciones no deseadas.
- La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece directrices que han sido consideradas en este diseño, asegurando que el sistema HVAC cumpla con los estándares globales de seguridad y calidad. A nivel nacional, la normativa DIGEMID ha sido clave en la regulación del diseño y operación del sistema.

Asimismo, el cumplimiento de la ISO 17025 permitirá al laboratorio certificarse, garantizando la competencia técnica y la fiabilidad de sus resultados.

- Cumpliendo con las normas establecidas por parte de BPM-DIGEMID y ISO 14644:2016-1, se está climatizando los ambientes con 20 renovaciones y además se le está inyectando aire fresco entre un 10% a 15%.
- La carga térmica que se requiere para la sala limpia Clase ISO 8, considerando un sistema recirculante con una inyección de 10% a 15% de inyección de aire fresco según BPM, se necesita una capacidad de 353,174 BTU/h. Por riesgo de contaminación cruzada, se está considerando 5 equipos para la climatizar todos los ambientes.
- Con los cálculos obtenidos, se procedió a seleccionar los equipos para poder climatizar todos los ambientes, considerando además un margen de seguridad por cada manejadora.
- Para mantener un filtrado adecuado de las inyecciones de aire, se usarán 3 tipos de filtros en las manejadoras los cuales son (G4, F9 y H13) y en las salas principales de fabricación se usará un filtro terminal con H14.
- Con el sistema recirculante que se usará, se obtiene un control de la temperatura, humedad y presiones, además que con las inyecciones de aire fresco se tendrá un ambiente con unas condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los productos farmacéuticos.

## Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se toman con respecto a las conclusiones obtenidas anteriormente.

- Se recomienda una buena instalación de los filtros para una adecuada dilución de los niveles de contaminación, teniendo presente que el filtro HEPA debe ser el último en colocarse para así lograr un mayor porcentaje de captura de partículas
- Se recomienda realizar un monitoreo mensual de los manómetros de presión diferencial de los filtros con el objetivo de prevenir su saturación y evitar caídas de presión en los ambientes. Esta medida es esencial, dado que los equipos operan de manera continua las 24 horas del día, los 7 días de la semana y los 365 días del año. Un desvío en los parámetros de monitoreo podría resultar en la pérdida de las condiciones de clasificación en las áreas. Como referencia, se debe considerar la caída de presión especificada por el fabricante: G4 (250 Pa), F9 (300-400 Pa) y H13 (450-600 Pa).
- Se debe monitorear los parámetros de operatividad del equipo a través del mantenimiento predictivo, con el propósito de estimar su vida útil, prevenir paradas de emergencia y planificar oportunamente la sustitución de los equipos, así como la recarga del gas refrigerante en los sistemas de HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning).
- Se recomienda el uso adecuado de las duchas de aire, para evitar la contaminación cruzada.
- Se recomienda un buen control de la limpieza de los difusores en los ambientes, para evitar posibles problemas de obstrucción y caídas de presión.

## Referencias bibliográficas

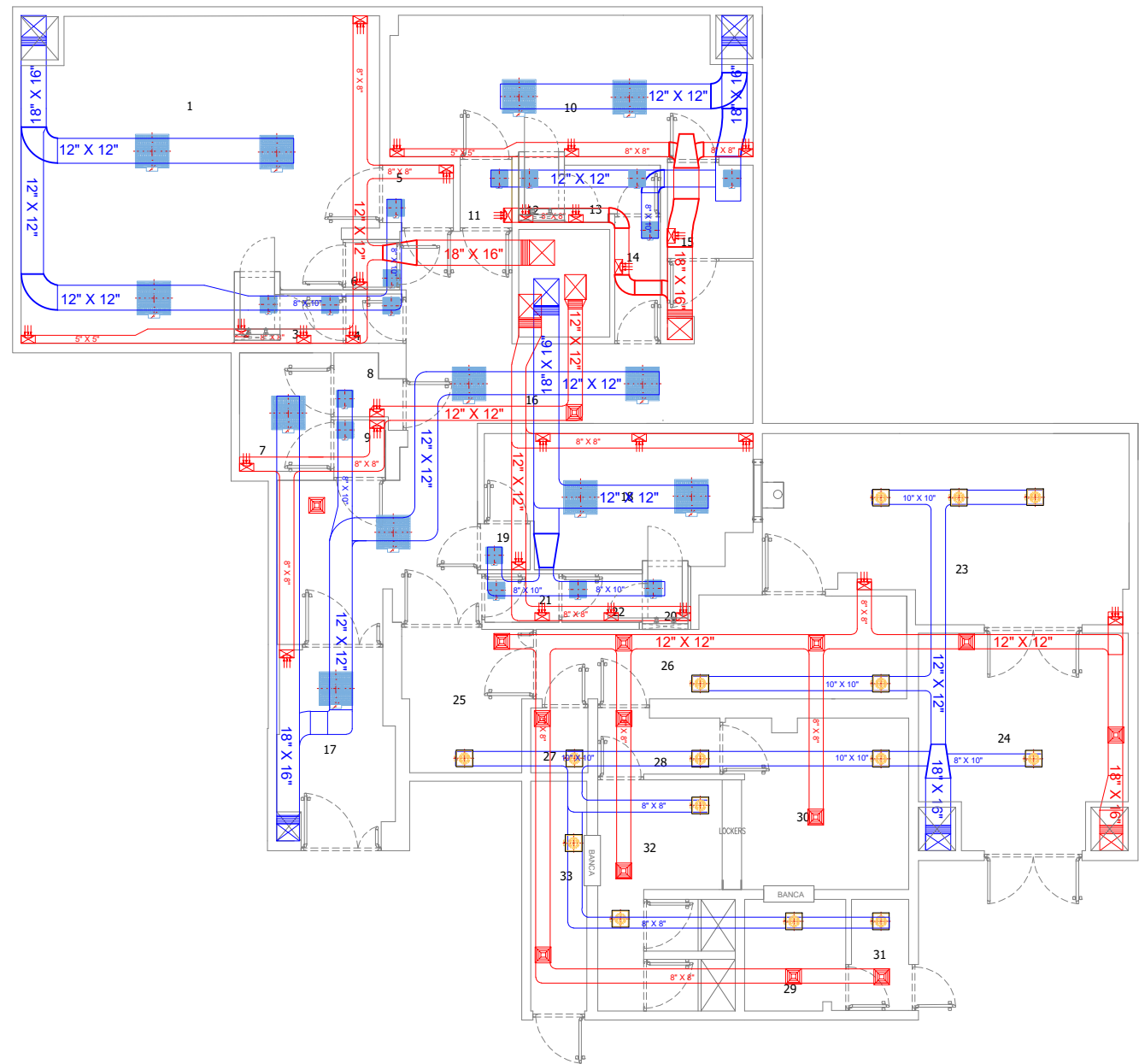
- Aldazábal, L. (2022). *Diseño del sistema de climatización del área de fabricación galénicos para laboratorio farmacéutico* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] Repositorio UNMSM.
- Almonacid, G. Espitia, W. Sabogal, G. (2018). *Propuesta de un sistema HVAC para área de cremas en el laboratorio farmacéutico Eurofarma Colombia*. [Tesis de titulación, Facultad De Ciencias Sociales Y Empresariales, Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia.] Repositorio UPC.
- Motta, C. (2019). *Diseño de un sistema eficiente de suministro de vapor para alimentar una planta farmacéutica*. [Tesis de titulación. Facultad de Ingeniería Química. Universidad De San Carlos De Guatemala. Guatemala] Repositorio USCG.
- Padilla, O. (2018). *Calificación del sistema de calentamiento, ventilación y aire acondicionado (HVAC) en la fabricación de líquidos estériles en un laboratorio Farmacéutico Nacional*. [Tesis de bachiller. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional De Trujillo. Trujillo, Perú] Repositorio UNT.
- Morales, G. Toro, J. (2021). *Diseño de un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica para un laboratorio farmacéutico*. [Tesis de titulación. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil, Ecuador] Repositorio ESPL.
- Alpaca, C. (2019). *Cálculo y selección de equipos de un sistema de aire acondicionado para salas blancas en instalaciones hospitalarias*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.] Repositorio UNMSM.
- Carrilo, M. (2019). *Diseño y cálculo de sistema de climatización de un hotel rural*. [Tesis de Titulación. Universidad de la Laguna, España.] Repositorio ULE.
- Carrier. (2015). *Manual de aire acondicionado*.
- Carrier. (2022). *Manual de Instalación, Usuario y Control remoto*.

- BPM (2018). “Manual de Buenas Prácticas de Manufactura”.  
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/195924-021-2018-sa>
- ASHRAE (2009). “Fundamentals”, *Ashrae Handbook, USA*
- Ventilfer (2022). *Normativa EN1822. Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA)*.  
[www.ventilfer.es](http://www.ventilfer.es)
- UNE (2016). *UNE-EN ISO 14644-1:2016*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057435>
- Pita, E. (1994). Cálculo de cargas de enfriamiento. México: Editorial Continental.
- Pita, E. (2000). Principios y sistemas de refrigeración. Limusa.
- Crowe, C., Elger, D., & Roberson, J. (2002). Ingeniería Mecánica de Fluidos (2 Ed. ed.). México: Compañía Editorial Continental.
- Miranda, Á. (2007). Psicrometría. Barcelona: Técnicas de climatización.
- PCE Instrument. (2020). Método test de fugas. [https://www.pce-instruments.com/peru/pceiberica-s.l.-instrumentaci\\_n-anbieter\\_4.htm](https://www.pce-instruments.com/peru/pceiberica-s.l.-instrumentaci_n-anbieter_4.htm)
- Kreith, F., Manglik, R., & Bohn, M. (2013). Principios de transferencia de calor. Cengage Learning. Obtenido de <https://docer.com.ar/doc/8ne88vs>
- Beckman Coulter. (2022). Clases ISO de limpieza.  
<https://www.beckman.es/resources/industry-standards/iso-14644-1/classification>

## **Anexos**

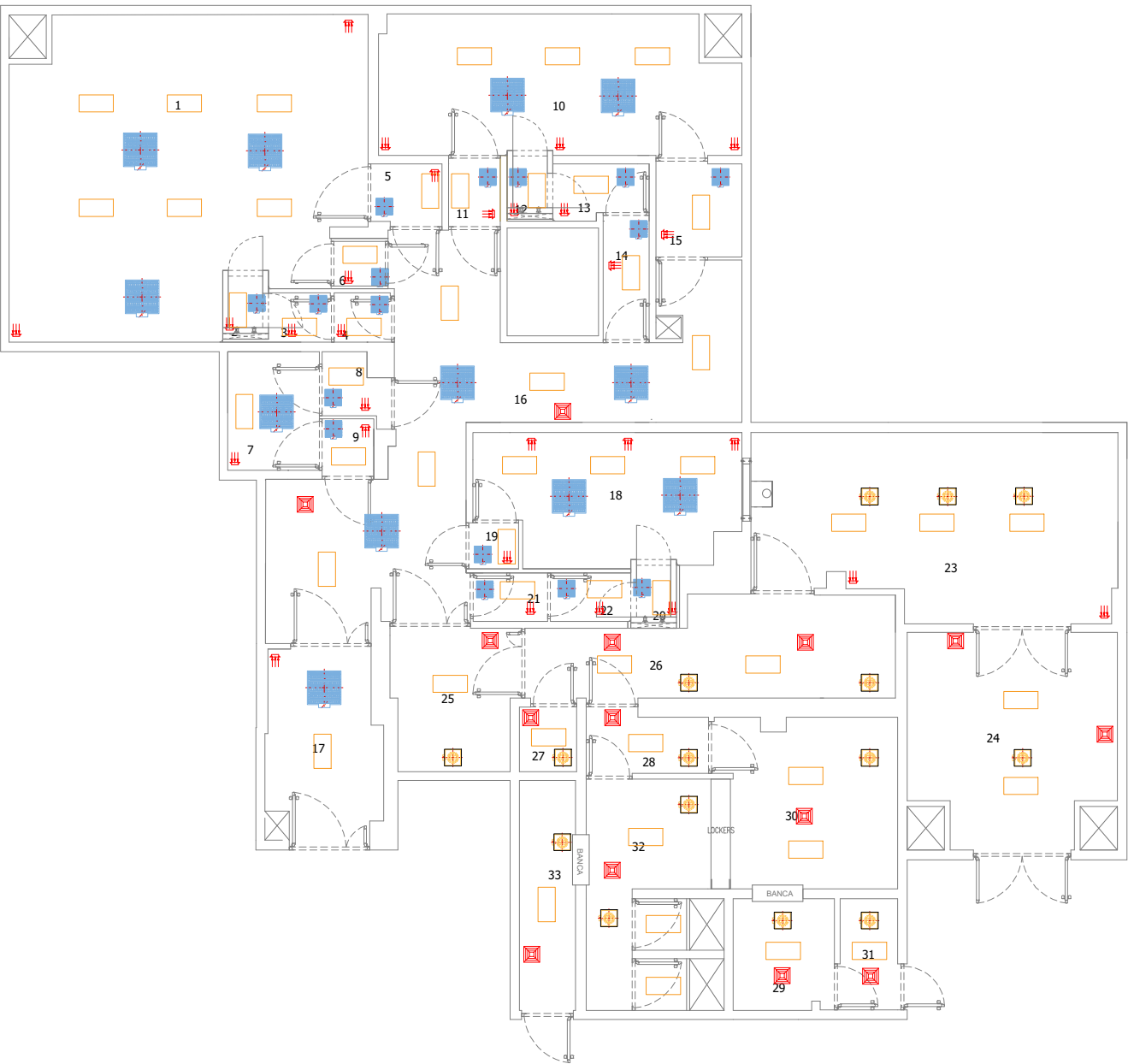
|                                         |   |
|-----------------------------------------|---|
| Anexo 1: Matriz de consistencia .....   | 1 |
| Anexo 2: Planos de planta .....         | 2 |
| Anexo 3: Ficha técnica de equipos ..... | 8 |

| PROBLEMA                                                                                                                                                  | OBJETIVO                                                                                                                                                                                                                                  | HIPOTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | VARIABLES                                                                                                                                        | INDICADORES                                                                                                                                                            | TECNICAS E INSTRUMENTALIZACION DE DATOS                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| El diseño de un sistema de HVAC para una nueva área de mayor capacidad, así mismo se vio que debe cumplir con las normas nacionales descritos por DIGEMID | Diseñar un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica para el área de fabricación en un laboratorio farmacéutico mediante la aplicación de normas de ingeniería con el fin de contar con un ambiente eficiente y seguro. | El diseño de un sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica, basado en la aplicación de normas de ingeniería y en el cumplimiento de los estándares de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), DIGEMID e ISO 14644:2016-1, permitirá garantizar un ambiente eficiente, seguro y con condiciones ambientales controladas en el área de fabricación del laboratorio farmacéutico. | <b>VI:</b><br>Sistema de acondicionamiento de aire y ventilación mecánica.<br><br><b>VD:</b><br>Condiciones ambientales del área de fabricación. | VI-1: Cargas térmicas.<br>VI-2: Variables de transferencia de calor.<br><br>VD-1: Temperatura<br>VD-2: Humedad<br>VD-3: Caudal de aire<br>VD-4: Diferencial de presión | Formato para la medición por horas de los caudales de aire, temperatura, humedad y presiones diferenciales entre salas. |



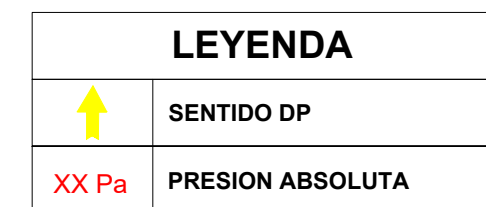
| LEYENDA |                             |
|---------|-----------------------------|
|         | DUCTO INYECCION             |
|         | DUCTO EXTRACCION            |
|         | DIFUSOR H14<br>600X600      |
|         | DIFUSOR H14<br>300X300      |
|         | DIFUSOR                     |
|         | REJILLA EXTRACCION<br>TECHO |
|         | REJILLA EXTRACCION<br>PARED |

|                                                                                                                                                                                               |          |  |            |                |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--|------------|----------------|----------------|
| DIBUJO                                                                                                                                                                                        | A.L.N.S. |  | ESCALA     | HVAC - DUCTOS  |                |
| DISEÑO                                                                                                                                                                                        | A.L.N.S. |  | 1:100      |                |                |
| APROBO                                                                                                                                                                                        | A.L.N.S. |  | FECHA      |                |                |
| NORMA                                                                                                                                                                                         |          |  | 10/04/2025 |                |                |
| <div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</div> <div></div> <div>FACULTAD DE INGENIERIA<br/>MECANICA</div> |          |  |            | PLANO N°       | N°<br><b>1</b> |
|                                                                                                                                                                                               |          |  |            | SUSTITUYE A    |                |
|                                                                                                                                                                                               |          |  |            | SUSTITUIDO POR |                |

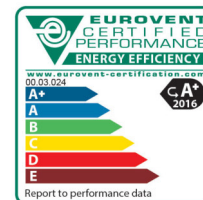


| LEYENDA |                             |
|---------|-----------------------------|
|         | LUMINARIA                   |
|         | DIFUSOR H14<br>600X600      |
|         | DIFUSOR H14<br>300X300      |
|         | DIFUSOR                     |
|         | REJILLA EXTRACCION<br>TECHO |
|         | REJILLA EXTRACCION<br>PARED |

|                                                                                                                          |          |  |            |                                |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--|------------|--------------------------------|-------------|
| DIBUJO                                                                                                                   | A.L.N.S. |  | ESCALA     | HVAC - DIFUSORES<br>Y REJILLAS |             |
| DISEÑO                                                                                                                   | A.L.N.S. |  | 1:100      |                                |             |
| APROBO                                                                                                                   | A.L.N.S. |  | FECHA      |                                |             |
| NORMA                                                                                                                    |          |  | 10/04/2025 |                                |             |
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA                                                                                       |          |  |            | PLANO N°                       | N°<br><br>2 |
|  FACULTAD DE INGENIERIA<br>MECANICA |          |  |            | SUSTITUYE A                    |             |
|                                                                                                                          |          |  |            | SUSTITUIDO POR                 |             |



|                                                                                                                                                                                   |          |  |            |                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--|------------|-----------------------------------|----|
| DIBUJO                                                                                                                                                                            | A.L.N.S. |  | ESCALA     | HVAC - PRESIONES<br>DIFERENCIALES |    |
| DISEÑO                                                                                                                                                                            | A.L.N.S. |  | 1:100      |                                   |    |
| APROBO                                                                                                                                                                            | A.L.N.S. |  | FECHA      |                                   |    |
| NORMA                                                                                                                                                                             |          |  | 10/04/2025 |                                   |    |
| <div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</div> <div>FACULTAD DE INGENIERIA<br/>MECANICA</div> |          |  |            | PLANO N°                          | N° |
|                                                                                                                                                                                   |          |  |            | SUSTITUYE A                       | 3  |
|                                                                                                                                                                                   |          |  |            | SUSTITUIDO POR                    |    |
|                                                                                                                                                                                   |          |  |            |                                   |    |



Nome Mairhofer Andreas Data 03.12.2020 - 16:46

Ordine 20-111-1629

Posizione 1  
UMA1

Progetto [Pz.]1

Disegno 1  
Data 09.10.2020

Cliente T.E.CO. Srl

Via CAMPOSAN

Revision Esecuzione/m Unità da interno  
Peso [kg] 515  
Potenza specifica ventilatore [W/m3/s] 1042  
EU 1253/2014 compliance esente

## DATI TECNICI

ZHK 2000 S

|                                           |                                 |                                |                                      |                                                      |                                               |
|-------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Aria di mandata</b>                    |                                 | Grandezza:9/6                  | Peso:515 [kg]                        | Superficie: 12,4 [m2]                                | Velocità: 1,27 [m/s]                          |
| <b>Forma</b>                              | <b>M1-FH-TF-K-H-UL-UL-VF-AF</b> |                                |                                      | Dimensioni [mm]                                      | <b>L: 3.812,5      W: 1.015      H: 740</b>   |
| Portata aria [m³/h]                       | <b>2.557</b>                    |                                |                                      | Pannello interno                                     | <b>50 [mm]    zincato      1,00 mm</b>        |
| presssione utile [Pa]                     | <b>162</b>                      |                                |                                      | Pannello int.fondo                                   | <b>zincato</b>                                |
| Pressione totale [Pa]                     | <b>893</b>                      |                                |                                      | guide                                                | <b>zincato</b>                                |
| Potenza specifica ventilatore [w/m3/s]    | <b>1.042</b>                    |                                |                                      | Pannello esterno                                     | <b>Bianco A47SME      0,70 mm</b>             |
| <b>M1      Camera di miscela semplice</b> |                                 |                                |                                      | <b>305,0 [mm]</b>                                    | <b>1,04 [m2]      40,00 [kg]      4 [Pa]</b>  |
| Aria ricircolo [m³/                       |                                 | <b>[°C]</b>                    | <b>[%]</b>                           | Aria miscela                                         | <b>[°C]    Umidità relativa    [%]</b>        |
| Aria esterna [m³/                         |                                 | <b>[°C]</b>                    | <b>[%]</b>                           | Mixing ratio                                         |                                               |
| <b>Apertura:</b>                          |                                 | <b>3      sopra</b>            | Dimensioni [mm] <b>915,0 x 245,0</b> |                                                      |                                               |
| <b>( 23 )      Serranda</b>               |                                 | Telaio                         | <b>ZN</b>                            | Guarnizione                                          | <b>SI</b>                                     |
|                                           | Coppia [Nm]                     | <b>1,5</b>                     | Alette                               | <b>azionamento alette      ruote dentate , PPGF</b>  |                                               |
|                                           | Asse                            | <b>1</b>                       | Trasmissione tipo                    | <b>fissaggio manuale, In direzione aria a destra</b> |                                               |
| <b>Apertura:</b>                          |                                 | <b>1      oriz. sopra</b>      | Dimensioni [mm] <b>915,0 x 245,0</b> |                                                      |                                               |
| <b>( 23 )      Serranda</b>               |                                 | Telaio                         | <b>ZN</b>                            | Guarnizione                                          | <b>SI      4 [Pa]</b>                         |
|                                           | Coppia [Nm]                     | <b>1,5</b>                     | Alette                               | <b>azionamento alette      ruote dentate , PPGF</b>  |                                               |
|                                           | Asse                            | <b>1</b>                       | Trasmissione tipo                    | <b>fissaggio manuale, In direzione aria a destra</b> |                                               |
| <b>FH      Filtro piano</b>               |                                 |                                |                                      | <b>152,5 [mm]</b>                                    | <b>0,47 [m2]      19,00 [kg]      56 [Pa]</b> |
| Produttore                                |                                 | <b>General Filter</b>          |                                      | N° per dimensioni [mm]                               |                                               |
| Tipo                                      |                                 | <b>CFW40-048-G4</b> tmax.=70°C |                                      |                                                      |                                               |
| Classe ISO 16890                          |                                 | <b>Coarse 60%</b>              |                                      | <b>2 x    592,0 x    287,0</b>                       |                                               |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa]          |                                 | <b>31-56-81</b>                |                                      | <b>2 x    287,0 x    287,0</b>                       |                                               |
| Portata aria [m³/h]                       |                                 | <b>2.557</b>                   |                                      |                                                      |                                               |
| Larghezza [mm]                            |                                 | <b>48,0</b>                    |                                      | Guida zincata ( estraibile laterale )                |                                               |
| Superficie filtro [m2]                    |                                 | <b>0,86</b>                    |                                      |                                                      |                                               |
| Tipo materiale filtro                     |                                 | <b>Sintetico</b>               |                                      | Final pressure drop acc. EN 13053                    |                                               |
| Pannello smontabile                       |                                 | <b>TRA</b>                     | lato d'ispezione: destra             | Dimensioni [mm] <b>152,5 x 610,0</b>                 |                                               |

Ordine 20-111-1629

Disegno 1

Posizione 1

Impianto UMA1

Pezzi 1

Rev. Nr.

Data revisione

|                                                                         |                                |  |  |  |                                                         |           |            |          |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--|--|--|---------------------------------------------------------|-----------|------------|----------|
| TF                                                                      | Filtro a tasche                |  |  |  | 457,5 [mm]                                              | 1,4 [m2]  | 53,00 [kg] | 118 [Pa] |
| Produttore                                                              |                                |  |  |  | Superficie filtro [m2]                                  |           |            |          |
| Tipo                                                                    |                                |  |  |  | N° per dimensioni [mm]                                  |           |            |          |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa]                                        |                                |  |  |  | Guide zincate (estrazione laterale con blocco centrale) |           |            |          |
| Classe ISO 16890                                                        |                                |  |  |  | Final pressure drop acc. EN 13053                       |           |            |          |
| Portata aria [m³/h]                                                     |                                |  |  |  |                                                         |           |            |          |
| Spessore filtro [mm] [m]                                                |                                |  |  |  |                                                         |           |            |          |
| Filter energy class (EN 779:2012)                                       |                                |  |  |  |                                                         |           |            |          |
| Tipo materiale filtro                                                   |                                |  |  |  |                                                         |           |            |          |
| Porta standard                                                          |                                |  |  |  | Dimensioni [mm]                                         |           |            |          |
| ( 300 ) 1 Pz. Serratura per porta                                       |                                |  |  |  | 457,5 x 660,0 -[L]                                      |           |            |          |
| K                                                                       | Batteria raffreddamento        |  |  |  | 457,5 [mm]                                              | 1,4 [m2]  | 87,00 [kg] | 66 [Pa]  |
| Portata aria [m³/h]                                                     |                                |  |  |  | Tipo fluido                                             |           |            |          |
| Velocità batteria [m/s]                                                 |                                |  |  |  | Quantità media [l/s]                                    |           |            |          |
| Entrata aria [°C]                                                       |                                |  |  |  | Velocità media [m/s]                                    |           |            |          |
| Uscita aria [°C]                                                        |                                |  |  |  | Entrata media [°C]                                      |           |            |          |
| Potenza [kW]                                                            |                                |  |  |  | Uscita media [°C]                                       |           |            |          |
| dP lato aria secca [Pa]                                                 |                                |  |  |  | Perdita di carico media [kPa]                           |           |            |          |
| 40x34-AR/2,5pa/5R-13T-746L-3N/V1/CU-GW-3/4"/CU-AL-FeZn/LT906-HT595-C215 |                                |  |  |  |                                                         |           |            |          |
| Numero ranghi                                                           |                                |  |  |  | lato attacchi                                           |           |            |          |
| Numero circuiti                                                         |                                |  |  |  | Alette                                                  |           |            |          |
| Passo alette [mm]                                                       |                                |  |  |  | Tubi                                                    |           |            |          |
| Attacco entrata                                                         |                                |  |  |  | Collettore                                              |           |            |          |
| Attacco uscita                                                          |                                |  |  |  | Telaio                                                  |           |            |          |
| vasca condensa                                                          |                                |  |  |  | Grandezza                                               |           |            |          |
| Separatore di gocce                                                     |                                |  |  |  | Qualità alette                                          |           |            |          |
| H                                                                       | Batteria riscaldamento         |  |  |  | 152,5 [mm]                                              | 0,47 [m2] | 33,00 [kg] | 16 [Pa]  |
| Portata aria [m³/h]                                                     |                                |  |  |  | Tipo fluido                                             |           |            |          |
| Velocità batteria [m/s]                                                 |                                |  |  |  | Quantità media [l/s]                                    |           |            |          |
| Entrata aria [°C]                                                       |                                |  |  |  | Velocità media [m/s]                                    |           |            |          |
| Uscita aria [°C]                                                        |                                |  |  |  | Entrata media [°C]                                      |           |            |          |
| Perdita di carico aria [Pa]                                             |                                |  |  |  | Uscita media [°C]                                       |           |            |          |
| Potenza [kW]                                                            |                                |  |  |  | Perdita di carico media [kPa]                           |           |            |          |
| 60x30-AC/2,5pa/2R-9T-746L-2N/V1/CU-GW-3/4"/CU-AL-FeZn/LT906-HT595-C100  |                                |  |  |  |                                                         |           |            |          |
| Numero ranghi                                                           |                                |  |  |  | lato attacchi                                           |           |            |          |
| Numero circuiti                                                         |                                |  |  |  | Alette                                                  |           |            |          |
| Passo alette [mm]                                                       |                                |  |  |  | Tubi                                                    |           |            |          |
| Attacco entrata                                                         |                                |  |  |  | Collettore                                              |           |            |          |
| Attacco uscita                                                          |                                |  |  |  | Telaio                                                  |           |            |          |
| UL                                                                      | Sezione di cambio senso d'aria |  |  |  | 305,0 [mm]                                              | 1,27 [m2] | 35,00 [kg] | 6 [Pa]   |
| Apertura:                                                               |                                |  |  |  | 6 [Pa]                                                  |           |            |          |
| UL                                                                      | Sezione di cambio senso d'aria |  |  |  | 305,0 [mm]                                              | 1,27 [m2] | 36,00 [kg] | 6 [Pa]   |
| Apertura:                                                               |                                |  |  |  | 6 [Pa]                                                  |           |            |          |

Ordine 20-111-1629

Disegno 1

Posizione 1

Impianto UMA1

Pezzi 1

Rev. Nr.

Data revisione

| VF      Aria di mandata-Ventilatore a girante libera                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 762,5 [mm] | 2,33 [m2] | 105,00 [kg] | 6 [Pa] |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------|-----------|-------------|--------|
| <b>Ventilatore                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  </b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |           |             |        |

Ordine 20-111-1629  
Disegno 1  
Posizione 1  
Impianto UMA1

Pezzi 1  
Rev. Nr.  
Data revisione

- ( 3169 ) 1 Pz. Isolamento pannellatura lana minerale  
( 3166 ) 1 Fornitura in camion  
( 318 ) 1 Pz. Imballo con nylon  
( 407 ) 1 set Telaio base ZHK GR-LP80 Zincato

**Per dimensioni di consegna compatte e per evitare danni di trasporto, alcuni accessori sporgenti potrebbero essere forniti separatamente per il montaggio in cantiere**

#### EUROVENT Datas

|                                   |                      |                           |            |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------------|------------|
| Range / Casing MB                 | ZHK / ZHK 2000 S     | t <sub>ODA</sub> EEC      | 12,40 [°C] |
| Thermal classes (MB)              | T3 - TB3             | Mixing Ratio              | 0 [%]      |
| Casing air leakage (MB)           | L1                   | Size reference velocity   | 1,27 [m/s] |
| Mechanical strength (MB)          | D1                   | Total static pressure EEC | 825 [Pa]   |
| Classe efficienza energetica      | A+ (2016)            | Internal Static Pressure  | 663 [Pa]   |
| fan design for dry/wet conditions | see relating section | Power input real          | 1,08 [kW]  |
|                                   |                      | Pressure drop ERS S/R     | [Pa]       |

#### Informazioni aggiuntive secondo regolamento EU no. 1253/2014

|                                |                                 |                                            |                 |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| a) Produttore                  | Euroclima                       | j) velocità frontale                       | 1,27 [m/s]      |
| b) Modello identificato        | 20-111-1629 / 13                | k) Pressione esterna nominale              | 162 [Pa]        |
| c) Tipo unità                  | NRVU - UVU                      | l) Perd. press. comp. di ventilazione      | 74 [Pa]         |
| d) Tipo di azion. mand         | Giri variabili / FC non incluso | m) Perd. press. comp. non di ventilazione  | 539 [Pa]        |
|                                | No ventilatore di estrazione    | n) Rendimento vent. statico (EU 327/2011)  | 59,9 [%]        |
| e) Tipo sistema di recupero    | -                               | o) trafil. esterno -400 / +400 Pa (RU)     | 0,77 / 0,77 [%] |
| f) Rendimento termico HRS      | Non applicabile                 | Perdita interna, aria                      |                 |
| g) Portata aria nominale       | 0,71 [m³/s]                     | p) Classificazione energetica filtri       | see filter data |
| h) Potenza elettrica effettiva | 1,08 [kW]                       | r) Livello di potenza sonora involucro LWA | 53 [dB(A)]      |
| i) SFP int                     | 136 [W/(m³/s)]                  | s) www.euroclima.com                       |                 |

#### ErP compliance according to EU1253/2014

Nessun controllo di conformità è stato fatto per questa unità perché fuori dallo scopo come

**Unità consegnate fuori dall'Unione Europea**

è stato selezionato

Safety and unloading instructions supplied in printed form together with the AHU  
Please download maintenance & service instructions with the following QR-Link



Euroclima participates in the ECP programme for: Air Handling Units (AHU). Check ongoing validity of certificate: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)



Nome Mairhofer Andreas Data 03.12.2020 - 16:45

Ordine 20-111-1629

Posizione 02  
UMA2

Progetto

[Pz.]

Disegno 02 1

Data 09.10.2020

Cliente T.E.CO. Srl

Via CAMPOSAN

Revision

Esecuzione/m

Unità da interno

Peso [kg] 514

Potenza specifica ventilatore [W/m3/s] 1148

EU 1253/2014 compliance esente

## DATI TECNICI

ZHK 2000 S

|                                           |                                 |                                      |                          |                                                      |                                                |
|-------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Aria di mandata</b>                    |                                 | Grandezza:9/6                        | Peso:514 [kg]            | Superficie: 12,4 [m2]                                | Velocità: 1,30 [m/s]                           |
| <b>Forma</b>                              | <b>M1-FH-TF-K-H-UL-UL-VF-AF</b> |                                      |                          | Dimensioni [mm]                                      | <b>L: 3.812,5      W: 1.015      H: 740</b>    |
| Portata aria [m³/h]                       | <b>2.618</b>                    |                                      |                          | Pannello interno                                     | <b>50 [mm]    zincato      1,00 mm</b>         |
| presssione utile [Pa]                     | <b>174</b>                      |                                      |                          | Pannello int.fondo                                   | <b>zincato</b>                                 |
| Pressione totale [Pa]                     | <b>954</b>                      |                                      |                          | guide                                                | <b>zincato</b>                                 |
| Potenza specifica ventilatore [w/m3/s]    | <b>1.148</b>                    |                                      |                          | Pannello esterno                                     | <b>Bianco A47SME      0,70 mm</b>              |
| <b>M1      Camera di miscela semplice</b> |                                 |                                      |                          | <b>305,0 [mm]</b>                                    | <b>1,04 [m2]      40,00 [kg]      4 [Pa]</b>   |
| Aria ricircolo [m³/                       |                                 | <b>[°C]</b>                          | <b>[%]</b>               | Aria miscela                                         | <b>[°C]    Umidità relativa    [%]</b>         |
| Aria esterna [m³/                         |                                 | <b>[°C]</b>                          | <b>[%]</b>               | Mixing ratio                                         |                                                |
| <b>Apertura:      3      sopra</b>        |                                 | Dimensioni [mm] <b>915,0 x 245,0</b> |                          |                                                      |                                                |
| <b>( 23 )      Serranda</b>               |                                 | Telaio                               | <b>ZN</b>                | Guarnizione                                          | <b>SI</b>                                      |
| Coppia [Nm]                               |                                 | <b>1,5</b>                           | Alette                   | <b>AL</b>                                            | azionamento alette <b>ruote dentate , PPGF</b> |
| Asse                                      |                                 | <b>1</b>                             | Trasmissione tipo        | <b>fissaggio manuale, In direzione aria a destra</b> |                                                |
| <b>Apertura:      1      oriz. sopra</b>  |                                 | Dimensioni [mm] <b>915,0 x 245,0</b> |                          |                                                      |                                                |
| <b>( 23 )      Serranda</b>               |                                 | Telaio                               | <b>ZN</b>                | Guarnizione                                          | <b>SI      4 [Pa]</b>                          |
| Coppia [Nm]                               |                                 | <b>1,5</b>                           | Alette                   | <b>AL</b>                                            | azionamento alette <b>ruote dentate , PPGF</b> |
| Asse                                      |                                 | <b>1</b>                             | Trasmissione tipo        | <b>fissaggio manuale, In direzione aria a destra</b> |                                                |
| <b>FH      Filtro piano</b>               |                                 |                                      |                          | <b>152,5 [mm]</b>                                    | <b>0,47 [m2]      19,00 [kg]      57 [Pa]</b>  |
| Produttore                                |                                 | <b>General Filter</b>                |                          | N° per dimensioni [mm]                               | <b>2 x    592,0 x    287,0</b>                 |
| Tipo                                      |                                 | <b>CFW40-048-G4</b> tmax.=70°C       |                          |                                                      | <b>2 x    287,0 x    287,0</b>                 |
| Classe ISO 16890                          |                                 | <b>Coarse 60%</b>                    |                          | Guida zincata ( estraibile laterale )                |                                                |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa]          |                                 | <b>32-57-82</b>                      |                          |                                                      |                                                |
| Portata aria [m³/h]                       |                                 | <b>2.618</b>                         |                          |                                                      |                                                |
| Larghezza [mm]                            |                                 | <b>48,0</b>                          |                          |                                                      |                                                |
| Superficie filtro [m2]                    |                                 | <b>0,86</b>                          |                          | Final pressure drop acc. EN 13053                    |                                                |
| Tipo materiale filtro                     |                                 | <b>Sintetico</b>                     |                          |                                                      |                                                |
| Pannello smontabile                       |                                 | <b>TRA</b>                           | lato d'ispezione: destra | Dimensioni [mm] <b>152,5 x 610,0</b>                 |                                                |

Ordine 20-111-1629

Disegno 02

Posizione 02

Impianto UMA2

Pezzi 1

Rev. Nr.

Data revisione

|                                   |                 |  |  |  |                      |                          |                                                         |                 |                    |
|-----------------------------------|-----------------|--|--|--|----------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|
| TF                                | Filtro a tasche |  |  |  | 457,5 [mm]           | 1,4 [m2]                 | 53,00 [kg]                                              | 119 [Pa]        |                    |
| Produttore                        |                 |  |  |  | COFIM                |                          | Superficie filtro [m2]                                  |                 | 23,40              |
| Tipo                              |                 |  |  |  | RP-H-E-F9 tmax.=70°C |                          | N° per dimensioni [mm]                                  |                 | 1 x 592,0 x 592,0  |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa]  |                 |  |  |  | 69-119-169           |                          | 1 x 592,0 x 287,0                                       |                 |                    |
| Classe ISO 16890                  |                 |  |  |  | ePM1 90%             |                          | Filtro a tasche rigide                                  |                 |                    |
| Portata aria [m³/h]               |                 |  |  |  | 2.618                |                          | Guide zincate (estrazione laterale con blocco centrale) |                 |                    |
| Spessore filtro [mm] [m]          |                 |  |  |  | 292,0                |                          |                                                         |                 |                    |
| Filter energy class (EN 779:2012) |                 |  |  |  | n.a.                 |                          |                                                         |                 |                    |
| Tipo materiale filtro             |                 |  |  |  | Glasfiber            |                          | Final pressure drop acc. EN 13053                       |                 |                    |
| Porta standard                    |                 |  |  |  | EU.T.                | lato d'ispezione: destra |                                                         | Dimensioni [mm] | 457,5 x 660,0 -[L] |
| ( 300 )                           |                 |  |  |  | 1 Pz.                | Serratura per porta      |                                                         |                 |                    |

|                                                                       |                         |  |  |  |                                |                               |                |                      |                   |               |        |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------|--|--|--|--------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------------|-------------------|---------------|--------|
| K                                                                     | Batteria raffreddamento |  |  |  | 457,5 [mm]                     | 1,4 [m2]                      | 87,00 [kg]     | 69 [Pa]              |                   |               |        |
| Portata aria [m³/h]                                                   |                         |  |  |  | 2.618                          | Densità [kg/m³]               | 1,20           | Tipo fluido          | Acqua             |               |        |
| Velocità batteria [m/s]                                               |                         |  |  |  | 1,89                           | SHR                           | 0,69           | Quantità media [l/s] | 0,6600            |               |        |
| Entrata aria [°C]                                                     |                         |  |  |  | 24,10                          | Umidità [%]                   | 58,0           | Velocità media [m/s] | 0,86              |               |        |
| Uscita aria [°C]                                                      |                         |  |  |  | 12,20                          | Umidità [%]                   | 100,0          | Entrata media [°C]   | 6,70              |               |        |
| Potenza [kW]                                                          |                         |  |  |  | 15,22                          | Uscita media [°C]             |                |                      | 12,20             |               |        |
| dP lato aria secca [Pa]                                               |                         |  |  |  | 63                             | Perdita di carico media [kPa] |                |                      | 17,24             |               |        |
| 40x34-AR/2,5pa/5R-13T-741L-4N/V1/CU-GW-1"/CU-AL-FeZn/LT906-HT595-C215 |                         |  |  |  |                                |                               |                |                      |                   |               |        |
| Numero ranghi                                                         |                         |  |  |  | 5                              | Press. mass. [bar]            | 21             | lato attacchi        | Destra            |               |        |
| Numero circuiti                                                       |                         |  |  |  | 4                              | Alette                        |                |                      | AL                |               |        |
| Passo alette [mm]                                                     |                         |  |  |  | 2,50                           | Tubi                          |                |                      | CU                |               |        |
| Attacco entrata                                                       |                         |  |  |  | 1"                             | filetto                       | Collettore     |                      |                   | CU            |        |
| Attacco uscita                                                        |                         |  |  |  | 1"                             | filetto                       | Telaio         |                      |                   | ZN            |        |
| vasca condensa                                                        |                         |  |  |  | AISI 304 - H: 35,0 mm - Piatto |                               |                | Grandezza            | 457,5x915,0 Ø1"-R | non filettato |        |
| Separatore di gocce                                                   |                         |  |  |  | Modello                        | TA144                         | Qualità telaio | -                    | Qualità alette    | PPTV          | 6 [Pa] |

|                                                                        |                        |  |  |  |            |                               |            |                      |        |    |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|--|--|--|------------|-------------------------------|------------|----------------------|--------|----|
| H                                                                      | Batteria riscaldamento |  |  |  | 152,5 [mm] | 0,47 [m2]                     | 33,00 [kg] | 16 [Pa]              |        |    |
| Portata aria [m³/h]                                                    |                        |  |  |  | 2.618      | Densità [kg/m³]               | 1,20       | Tipo fluido          | Acqua  |    |
| Velocità batteria [m/s]                                                |                        |  |  |  | 1,81       | Quantità media [l/s]          |            |                      | 0,4000 |    |
| Entrata aria [°C]                                                      |                        |  |  |  | 12,20      | Umidità [%]                   | 99,0       | Velocità media [m/s] | 1,05   |    |
| Uscita aria [°C]                                                       |                        |  |  |  | 21,50      | Umidità [%]                   | 54,7       | Entrata media [°C]   | 50,00  |    |
| Perdita di carico aria [Pa]                                            |                        |  |  |  | 16         | Uscita media [°C]             |            |                      | 45,00  |    |
| Potenza [kW]                                                           |                        |  |  |  | 8,31       | Perdita di carico media [kPa] |            |                      | 16,33  |    |
| 60x30-AC/2,5pa/2R-9T-746L-2N/V1/CU-GW-3/4"/CU-AL-FeZn/LT906-HT595-C100 |                        |  |  |  |            |                               |            |                      |        |    |
| Numero ranghi                                                          |                        |  |  |  | 2          | Press. mass. [bar]            | 21         | lato attacchi        | Destra |    |
| Numero circuiti                                                        |                        |  |  |  | 2          | Alette                        |            |                      | AL     |    |
| Passo alette [mm]                                                      |                        |  |  |  | 2,50       | Tubi                          |            |                      | CU     |    |
| Attacco entrata                                                        |                        |  |  |  | 3/4"       | filetto                       | Collettore |                      |        | CU |
| Attacco uscita                                                         |                        |  |  |  | 3/4"       | filetto                       | Telaio     |                      |        | ZN |

|           |                                |  |  |  |            |           |            |        |  |
|-----------|--------------------------------|--|--|--|------------|-----------|------------|--------|--|
| UL        | Sezione di cambio senso d'aria |  |  |  | 305,0 [mm] | 1,27 [m2] | 35,00 [kg] | 7 [Pa] |  |
| Apertura: |                                |  |  |  | 4          | sotto     | 7 [Pa]     |        |  |
| UL        | Sezione di cambio senso d'aria |  |  |  | 305,0 [mm] | 1,27 [m2] | 36,00 [kg] | 7 [Pa] |  |
| Apertura: |                                |  |  |  | 3          | sopra     | 7 [Pa]     |        |  |

Ordine 20-111-1629

Disegno 02

Posizione 02

Impianto UMA2

Pezzi 1

Rev. Nr.

Data revisione

| VF      Aria di mandata-Ventilatore a girante libera                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 762,5 [mm] |  | 2,33 [m2] |  | 104,00 [kg] |  | 10 [Pa] |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------|--|-----------|--|-------------|--|---------|--|
| <b>Ventilatore                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  </b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |  |           |  |             |  |         |  |

Ordine 20-111-1629  
Disegno 02  
Posizione 02  
Impianto UMA2

Pezzi 1  
Rev. Nr.  
Data revisione

( 3169 ) 1 Pz. Isolamento pannellatura lana minerale  
( 3166 ) 1 Fornitura in camion  
( 318 ) 1 Pz. Imballo con nylon  
( 407 ) 1 set Telaio base ZHK GR-LP80 Zincato

Per dimensioni di consegna compatte e per evitare danni di trasporto, alcuni accessori sporgenti potrebbero essere forniti separatamente per il montaggio in cantiere

#### EUROVENT Datas

|                                   |                      |                           |            |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------------|------------|
| Range / Casing MB                 | ZHK / ZHK 2000 S     | t <sub>ODA</sub> EEC      | 12,20 [°C] |
| Thermal classes (MB)              | T3 - TB3             | Mixing Ratio              | 0 [%]      |
| Casing air leakage (MB)           | L1                   | Size reference velocity   | 1,30 [m/s] |
| Mechanical strength (MB)          | D1                   | Total static pressure EEC | 846 [Pa]   |
| Classe efficienza energetica      | A+ (2016)            | Internal Static Pressure  | 672 [Pa]   |
| fan design for dry/wet conditions | see relating section | Power input real          | 1,19 [kW]  |
|                                   |                      | Pressure drop ERS S/R     | [Pa]       |

#### Informazioni aggiuntive secondo regolamento EU no. 1253/2014

|                                |                                 |                                            |                 |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| a) Produttore                  | Euroclima                       | j) velocità frontale                       | 1,3 [m/s]       |
| b) Modello identificato        | 20-111-1629 / 08                | k) Pressione esterna nominale              | 174 [Pa]        |
| c) Tipo unità                  | NRVU - UVU                      | l) Perd. press. comp. di ventilazione      | 78 [Pa]         |
| d) Tipo di azion. mand         | Giri variabili / FC non incluso | m) Perd. press. comp. non di ventilazione  | 544 [Pa]        |
|                                | No ventilatore di estrazione    | n) Rendimento vent. statico (EU 327/2011)  | 59,2 [%]        |
| e) Tipo sistema di recupero    | -                               | o) trafil. esterno -400 / +400 Pa (RU)     | 0,75 / 0,75 [%] |
| f) Rendimento termico HRS      | Non applicabile                 | Perdita interna, aria                      |                 |
| g) Portata aria nominale       | 0,73 [m³/s]                     | p) Classificazione energetica filtri       | see filter data |
| h) Potenza elettrica effettiva | 1,19 [kW]                       | r) Livello di potenza sonora involucro LWA | 58 [dB(A)]      |
| i) SFP int                     | 151 [W/(m³/s)]                  | s) www.euroclima.com                       |                 |

#### ErP compliance according to EU1253/2014

Nessun controllo di conformità è stato fatto per questa unità perché fuori dallo scopo come

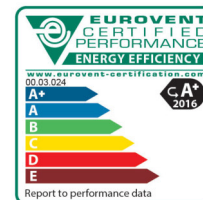
**Unità consegnate fuori dall'Unione Europea**

è stato selezionato

Safety and unloading instructions supplied in printed form together with the AHU  
Please download maintenance & service instructions with the following QR-Link



Euroclima participates in the ECP programme for: Air Handling Units (AHU). Check ongoing validity of certificate: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)



Nome Mairhofer Andreas Data 03.12.2020 - 16:44

Ordine 20-111-1629

Posizione 3  
UMA3

Progetto

[Pz.]

Disegno 3 1

Data 09.10.2020

Cliente T.E.CO. Srl

Via CAMPOSAN

Revision

Esecuzione/m

Unità da interno

Peso [kg] 417

Potenza specifica ventilatore [W/m3/s] 1185

EU 1253/2014 compliance esente

## DATI TECNICI

ZHK 2000 S

|                                           |                                 |                                |                                      |                                                       |                                                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Aria di mandata</b>                    |                                 | Grandezza:6/6                  | Peso:417 [kg]                        | Superficie: 10,2 [m2]                                 | Velocità: 1,28 [m/s]                              |
| <b>Forma</b>                              | <b>M1-FH-TF-K-H-UL-UL-VF-AF</b> |                                |                                      | Dimensioni [mm]                                       | <b>L: 3.965,0      W: 710      H: 740</b>         |
| Portata aria [m³/h]                       | <b>1.720</b>                    |                                |                                      | Pannello interno                                      | <b>50 [mm]    zincato      1,00 mm</b>            |
| presssione utile [Pa]                     | <b>187</b>                      |                                |                                      | Pannello int.fondo                                    | <b>zincato</b>                                    |
| Pressione totale [Pa]                     | <b>926</b>                      |                                |                                      | guide                                                 | <b>zincato</b>                                    |
| Potenza specifica ventilatore [w/m3/s]    | <b>1.185</b>                    |                                |                                      | Pannello esterno                                      | <b>Bianco A47SME      0,70 mm</b>                 |
| <b>M1      Camera di miscela semplice</b> |                                 |                                |                                      | <b>305,0 [mm]</b>                                     | <b>0,82 [m2]</b> <b>32,00 [kg]</b> <b>4 [Pa]</b>  |
| Aria ricircolo [m³/                       |                                 | <b>[°C]</b>                    | <b>[%]</b>                           | Aria miscela                                          | <b>[°C]</b> Umidità relativa <b>[%]</b>           |
| Aria esterna [m³/                         |                                 | <b>[°C]</b>                    | <b>[%]</b>                           | Mixing ratio                                          |                                                   |
| <b>Apertura:</b>                          |                                 | <b>3      sopra</b>            | Dimensioni [mm] <b>610,0 x 245,0</b> |                                                       |                                                   |
| <b>( 23 )      Serranda</b>               |                                 | Telaio                         | <b>ZN</b>                            | Guarnizione                                           | <b>SI      1 [Pa]</b>                             |
|                                           | Coppia [Nm]                     | <b>1,0</b>                     | Alette                               | <b>AL</b>                                             | azionamento alette <b>ruote dentate , PPGF</b>    |
|                                           | Asse                            | <b>1</b>                       | Trasmissione tipo                    | <b>fissaggio manuale, In direzione aria a destra</b>  |                                                   |
| <b>Apertura:</b>                          |                                 | <b>1      oriz. sopra</b>      | Dimensioni [mm] <b>610,0 x 245,0</b> |                                                       |                                                   |
| <b>( 23 )      Serranda</b>               |                                 | Telaio                         | <b>ZN</b>                            | Guarnizione                                           | <b>SI      4 [Pa]</b>                             |
|                                           | Coppia [Nm]                     | <b>1,0</b>                     | Alette                               | <b>AL</b>                                             | azionamento alette <b>ruote dentate , PPGF</b>    |
|                                           | Asse                            | <b>1</b>                       | Trasmissione tipo                    | <b>fissaggio manuale, In direzione aria a destra</b>  |                                                   |
| <b>FH      Filtro piano</b>               |                                 |                                |                                      | <b>152,5 [mm]</b>                                     | <b>0,37 [m2]</b> <b>14,00 [kg]</b> <b>56 [Pa]</b> |
| Produttore                                |                                 | <b>General Filter</b>          |                                      | N° per dimensioni [mm] <b>2 x    592,0 x    287,0</b> |                                                   |
| Tipo                                      |                                 | <b>CFW40-048-G4</b> tmax.=70°C |                                      | Guida zincata ( estraibile laterale )                 |                                                   |
| Classe ISO 16890                          |                                 | <b>Coarse 60%</b>              |                                      |                                                       |                                                   |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa]          |                                 | <b>31-56-81</b>                |                                      |                                                       |                                                   |
| Portata aria [m³/h]                       |                                 | <b>1.720</b>                   |                                      |                                                       |                                                   |
| Larghezza [mm]                            |                                 | <b>48,0</b>                    |                                      |                                                       |                                                   |
| Superficie filtro [m2]                    |                                 | <b>0,58</b>                    |                                      | Final pressure drop acc. EN 13053                     |                                                   |
| Tipo materiale filtro                     |                                 | <b>Sintetico</b>               |                                      |                                                       |                                                   |
| Pannello smontabile                       |                                 | <b>TRA</b>                     | lato d'ispezione: destra             | Dimensioni [mm] <b>152,5 x 610,0</b>                  |                                                   |

Ordine 20-111-1629  
Disegno 3  
Posizione 3  
Impianto UMA3

Pezzi 1  
Rev. Nr.  
Data revisione

| TF                                                                             | Filtro a tasche                |                                       |  | 457,5 [mm]                                                                                                                        | 1,12 [m2] | 41,00 [kg]                        | 117 [Pa] |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------|----------|
| Produttore <b>COFIM</b>                                                        |                                |                                       |  | Superficie filtro [m2] <b>14,50</b>                                                                                               |           |                                   |          |
| Tipo <b>RP-H-E-F9</b> tmax.=70°C                                               |                                |                                       |  | N° per dimensioni [mm] <b>1 x 592,0 x 592,0</b>                                                                                   |           |                                   |          |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa] <b>67-117-167</b>                             |                                |                                       |  | <b>Filtro a tasche rigide</b><br>Guide zincate (estrazione laterale con blocco centrale)<br><br>Final pressure drop acc. EN 13053 |           |                                   |          |
| Classe ISO 16890 <b>ePM1 90%</b>                                               |                                |                                       |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| Portata aria [m³/h] <b>1.720</b>                                               |                                |                                       |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| Spessore filtro [mm] [m] <b>292,0</b>                                          |                                |                                       |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| Filter energy class (EN 779:2012) <b>n.a.</b>                                  |                                |                                       |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| Tipo materiale filtro <b>Glasfiber</b>                                         |                                |                                       |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| Porta standard <b>EU.T.</b>                                                    |                                | lato d'ispezione: destra              |  | Dimensioni [mm]                                                                                                                   |           | <b>457,5 x 660,0 -[L]</b>         |          |
| <b>( 300 )</b>                                                                 |                                | <b>1 Pz. Serratura per porta</b>      |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| K                                                                              | Batteria raffreddamento        |                                       |  | 610,0 [mm]                                                                                                                        | 1,49 [m2] | 82,00 [kg]                        | 92 [Pa]  |
| Portata aria [m³/h] <b>1.720</b> Densità [kg/m³] <b>1,20</b>                   |                                |                                       |  | Tipo fluido <b>Acqua</b>                                                                                                          |           |                                   |          |
| Velocità batteria [m/s] <b>2,08</b> SHR <b>0,64</b>                            |                                |                                       |  | Quantità media [l/s] <b>0,4800</b> Contenuto <b>10,3 l</b>                                                                        |           |                                   |          |
| Entrata aria [°C] <b>24,60</b> Umidità [%] <b>60,0</b>                         |                                |                                       |  | Velocità media [m/s] <b>0,83</b>                                                                                                  |           |                                   |          |
| Uscita aria [°C] <b>12,40</b> Umidità [%] <b>99,8</b>                          |                                |                                       |  | Entrata media [°C] <b>6,70</b>                                                                                                    |           |                                   |          |
| Potenza [kW] <b>11,10</b>                                                      |                                |                                       |  | Uscita media [°C] <b>12,20</b>                                                                                                    |           |                                   |          |
| dP lato aria secca [Pa] <b>86</b>                                              |                                |                                       |  | Perdita di carico media [kPa] <b>18,32</b>                                                                                        |           |                                   |          |
| <b>40x34-AR/2,5pa/6R-13T-441L-3N/V1/CU-GW-3/4"/CU-AL-FeZn/LT601-HT595-C250</b> |                                |                                       |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| Numero ranghi <b>6</b>                                                         |                                | Press. mass. [bar] <b>21</b>          |  | lato attacchi <b>Destra</b>                                                                                                       |           |                                   |          |
| Numero circuiti <b>3</b>                                                       |                                |                                       |  | Alette <b>AL</b>                                                                                                                  |           |                                   |          |
| Passo alette [mm] <b>2,50</b>                                                  |                                |                                       |  | Tubi <b>CU</b>                                                                                                                    |           |                                   |          |
| Attacco entrata <b>3/4"</b>                                                    |                                | <b>filetto</b>                        |  | Collettore <b>CU</b>                                                                                                              |           |                                   |          |
| Attacco uscita <b>3/4"</b>                                                     |                                | <b>filetto</b>                        |  | Telaio <b>ZN</b>                                                                                                                  |           |                                   |          |
| <b>vasca condensa</b>                                                          |                                | <b>AISI 304 - H: 35,0 mm - Piatto</b> |  | Grandezza <b>610,0x610,0 Ø1"-R</b>                                                                                                |           | <b>non filettato</b>              |          |
| <b>Separatore di gocce</b>                                                     |                                | Modello <b>TA144</b>                  |  | Qualità telaio <b>-</b>                                                                                                           |           | Qualità alette <b>PPTV 6 [Pa]</b> |          |
| H                                                                              | Batteria riscaldamento         |                                       |  | 152,5 [mm]                                                                                                                        | 0,37 [m2] | 25,00 [kg]                        | 17 [Pa]  |
| Portata aria [m³/h] <b>1.720</b> Densità [kg/m³] <b>1,20</b>                   |                                |                                       |  | Tipo fluido <b>Acqua</b>                                                                                                          |           |                                   |          |
| Velocità batteria [m/s] <b>1,88</b>                                            |                                |                                       |  | Quantità media [l/s] <b>0,1800</b> Contenuto <b>2,8 l</b>                                                                         |           |                                   |          |
| Entrata aria [°C] <b>12,40</b> Umidità [%] <b>99,0</b>                         |                                |                                       |  | Velocità media [m/s] <b>0,93</b>                                                                                                  |           |                                   |          |
| Uscita aria [°C] <b>25,00</b> Umidità [%] <b>44,8</b>                          |                                |                                       |  | Entrata media [°C] <b>50,00</b>                                                                                                   |           |                                   |          |
| Perdita di carico aria [Pa] <b>17</b>                                          |                                |                                       |  | Uscita media [°C] <b>40,00</b>                                                                                                    |           |                                   |          |
| Potenza [kW] <b>7,40</b>                                                       |                                |                                       |  | Perdita di carico media [kPa] <b>12,62</b>                                                                                        |           |                                   |          |
| <b>60x30-AC/2,5pa/2R-9T-471L-1N/V1/CU-GW-1/2"/CU-AL-FeZn/LT601-HT595-C100</b>  |                                |                                       |  |                                                                                                                                   |           |                                   |          |
| Numero ranghi <b>2</b>                                                         |                                | Press. mass. [bar] <b>21</b>          |  | lato attacchi <b>Destra</b>                                                                                                       |           |                                   |          |
| Numero circuiti <b>1</b>                                                       |                                |                                       |  | Alette <b>AL</b>                                                                                                                  |           |                                   |          |
| Passo alette [mm] <b>2,50</b>                                                  |                                |                                       |  | Tubi <b>CU</b>                                                                                                                    |           |                                   |          |
| Attacco entrata <b>1/2"</b>                                                    |                                | <b>filetto</b>                        |  | Collettore <b>CU</b>                                                                                                              |           |                                   |          |
| Attacco uscita <b>1/2"</b>                                                     |                                | <b>filetto</b>                        |  | Telaio <b>ZN</b>                                                                                                                  |           |                                   |          |
| UL                                                                             | Sezione di cambio senso d'aria |                                       |  | 305,0 [mm]                                                                                                                        | 0,98 [m2] | 29,00 [kg]                        | 7 [Pa]   |
| <b>Apertura:</b>                                                               |                                | <b>4 sotto</b>                        |  | <b>7 [Pa]</b>                                                                                                                     |           |                                   |          |
| UL                                                                             | Sezione di cambio senso d'aria |                                       |  | 305,0 [mm]                                                                                                                        | 0,98 [m2] | 28,00 [kg]                        | 7 [Pa]   |
| <b>Apertura:</b>                                                               |                                | <b>3 sopra</b>                        |  | <b>7 [Pa]</b>                                                                                                                     |           |                                   |          |

Ordine 20-111-1629

Disegno 3

Posizione 3

Impianto UMA3

Pezzi 1

Rev. Nr.

Data revisione

| VF      Aria di mandata-Ventilatore a girante libera |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 762,5 [mm] |  | 1,87 [m2] |  | 84,00 [kg] |  | 4 [Pa] |  |
|------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------|--|-----------|--|------------|--|--------|--|
| <b>Ventilatore</b>                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |  |           |  |            |  |        |  |

Ordine 20-111-1629  
Disegno 3  
Posizione 3  
Impianto UMA3

Pezzi 1  
Rev. Nr.  
Data revisione

( 3169 ) 1 Pz. Isolamento pannellatura lana minerale  
( 3166 ) 1 Fornitura in camion  
( 318 ) 1 Pz. Imballo con nylon  
( 407 ) 1 set Telaio base ZHK GR-LP80 Zincato

Per dimensioni di consegna compatte e per evitare danni di trasporto, alcuni accessori sporgenti potrebbero essere forniti separatamente per il montaggio in cantiere

#### EUROVENT Datas

|                                   |                      |                           |            |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------------|------------|
| Range / Casing MB                 | ZHK / ZHK 2000 S     | t <sub>ODA</sub> EEC      | 12,40 [°C] |
| Thermal classes (MB)              | T3 - TB3             | Mixing Ratio              | 0 [%]      |
| Casing air leakage (MB)           | L1                   | Size reference velocity   | 1,28 [m/s] |
| Mechanical strength (MB)          | D1                   | Total static pressure EEC | 879 [Pa]   |
| Classe efficienza energetica      | A+ (2016)            | Internal Static Pressure  | 692 [Pa]   |
| fan design for dry/wet conditions | see relating section | Power input real          | 0,80 [kW]  |
|                                   |                      | Pressure drop ERS S/R     | [Pa]       |

#### Informazioni aggiuntive secondo regolamento EU no. 1253/2014

|                                |                                 |                                            |                 |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| a) Produttore                  | Euroclima                       | j) velocità frontale                       | 1,28 [m/s]      |
| b) Modello identificato        | 20-111-1629 / 02                | k) Pressione esterna nominale              | 187 [Pa]        |
| c) Tipo unità                  | NRVU - UVU                      | l) Perd. press. comp. di ventilazione      | 71 [Pa]         |
| d) Tipo di azion. mand         | Giri variabili / FC non incluso | m) Perd. press. comp. non di ventilazione  | 571 [Pa]        |
|                                | No ventilatore di estrazione    | n) Rendimento vent. statico (EU 327/2011)  | 57,9 [%]        |
| e) Tipo sistema di recupero    | -                               | o) trafil. esterno -400 / +400 Pa (RU)     | 0,94 / 0,94 [%] |
| f) Rendimento termico HRS      | Non applicabile                 | Perdita interna, aria                      |                 |
| g) Portata aria nominale       | 0,48 [m³/s]                     | p) Classificazione energetica filtri       | see filter data |
| h) Potenza elettrica effettiva | 0,8 [kW]                        | r) Livello di potenza sonora involucro LWA | 52 [dB(A)]      |
| i) SFP int                     | 135 [W/(m³/s)]                  | s) www.euroclima.com                       |                 |

#### ErP compliance according to EU1253/2014

Nessun controllo di conformità è stato fatto per questa unità perché fuori dallo scopo come

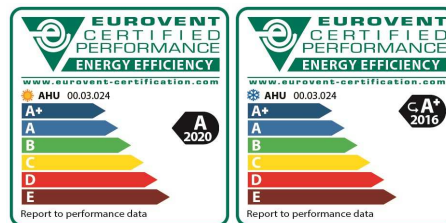
**Unità consegnate fuori dall'Unione Europea**

è stato selezionato

Safety and unloading instructions supplied in printed form together with the AHU  
Please download maintenance & service instructions with the following QR-Link



Euroclima participates in the ECP programme for: Air Handling Units (AHU). Check ongoing validity of certificate: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)



Name Merli E. Date 11/07/2024 - 10:42

Offer 24.063 R3 STANDARD

Position 011  
UMA 4

Project

Drawing 011 [Pcs] 1

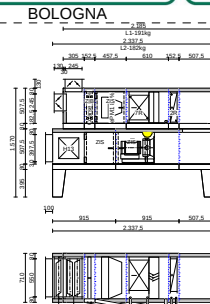
Date 10/07/2024

Client T.E.CO. Srl

Street CAMPOSAN

Client request no

Revision



Execution Indoor Unit  
Weight [kg] 373  
specific fan power [W/(m³/s)] 1969  
EU 1253/2014 compliance out of scope

## TECHNICAL DATA

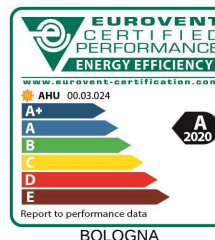
ZHK Inova

|                                          |                                 |                                     |                                 |                                         |
|------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Supply air</b>                        | Size:6/4,5                      | Weight:373 [kg]                     | Surface: 9,8 [m2]               | Velocity: 1,30 [m/s]                    |
| <b>design</b>                            | <b>M1-FH-TF-K-H-UL-UL-VF-AF</b> |                                     | <b>Dimensions [mm]</b>          | <b>L: 4.522,5 W: 710 H: 588</b>         |
| Air volume [m³/h]                        | <b>1.302</b>                    |                                     | Panel inside                    | <b>50 [mm] galvanized steel 1,00 mm</b> |
| external pressure drop [Pa]              | <b>500</b>                      |                                     | Panel inside bottom             | <b>galvanized steel</b>                 |
| total pressure drop [Pa]                 | <b>1280</b>                     |                                     | Guides                          | <b>galvanized steel</b>                 |
| Specific fan power [W/(m³/s)]            | <b>1969</b>                     |                                     | Panel outside                   | <b>White A47SME 0,70 mm</b>             |
| <b>M1 Simple mixing section</b>          |                                 |                                     | <b>305,0 [mm]</b>               | <b>0,66 [m2]</b>                        |
| Recircle air [m³/h]                      | <b>[°C]</b>                     | <b>[%]</b>                          | Mixed air                       | <b>[°C]</b>                             |
| Fresh air [m³/h]                         | <b>[°C]</b>                     | <b>[%]</b>                          | Mixing ratio                    | <b>Rel. humidity [%]</b>                |
| <b>Opening: 3 Top</b>                    |                                 |                                     | <b>Dimensions [mm]</b>          | <b>550,0 x 245,0</b>                    |
| <b>( 23 ) Damper</b>                     |                                 |                                     | <b>GI</b>                       | <b>seal lip Yes</b>                     |
| torque [Nm]                              | <b>0,9</b>                      | Blades                              | <b>AL</b>                       | <b>Blade drive Gearwheels , PPGF</b>    |
| Axle                                     | <b>1</b>                        | drive type                          | <b>manual fixing - External</b> |                                         |
| <b>Opening: 1 Frontal top horizontal</b> |                                 |                                     | <b>Dimensions [mm]</b>          | <b>550,0 x 245,0</b>                    |
| <b>( 23 ) Damper</b>                     |                                 |                                     | <b>GI</b>                       | <b>seal lip Yes 2 [Pa]</b>              |
| torque [Nm]                              | <b>0,9</b>                      | Blades                              | <b>AL</b>                       | <b>Blade drive Gearwheels , PPGF</b>    |
| Axle                                     | <b>1</b>                        | drive type                          | <b>manual fixing - External</b> |                                         |
| <b>FH Panel filter</b>                   |                                 |                                     | <b>152,5 [mm]</b>               | <b>0,32 [m2]</b>                        |
| Manufacture                              | <b>General Filter</b>           |                                     | <b>11,00 [kg]</b>               | <b>57 [Pa]</b>                          |
| Type                                     | <b>CFW40-048-G4 tmax.=70°C</b>  |                                     | Cells pcs x size [mm]           | <b>2 x 420,0 x 302,0</b>                |
| Class ISO 16890                          | <b>Coarse 60%</b>               |                                     |                                 |                                         |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa]         | <b>32-57-82</b>                 |                                     |                                 |                                         |
| Airflow [m³/h]                           | <b>1.302</b>                    |                                     |                                 |                                         |
| filter thickness [mm]                    | <b>48,0</b>                     |                                     |                                 |                                         |
| Filter surface [m2]                      | <b>0,44</b>                     |                                     |                                 |                                         |
| Filter media type                        | <b>Synthetic</b>                |                                     |                                 |                                         |
| Removable panel                          | <b>ZIB</b>                      | Access side: right                  | <b>Dimensions [mm]</b>          | <b>152,5 x 457,5</b>                    |
| <b>( 178 )</b>                           | <b>1 set</b>                    | <b>Pressure test points mounted</b> |                                 |                                         |

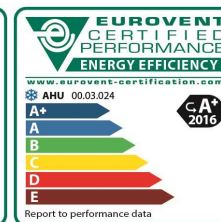
Offer 24.063 R3 STANDARD  
Drawing 011  
Position 011  
Unit UMA 4

Pieces 1  
Rev. Nr.  
Rev. date

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                        |                                                                                                                                                                                                              |                  |                                        |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|-----------------|
| <b>TF</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Bag Filter</b>      | <b>457,5 [mm]</b>                                                                                                                                                                                            | <b>0,98 [m2]</b> | <b>35,00 [kg]</b>                      | <b>155 [Pa]</b> |
| Manufacture <b>COFIM</b><br>Type <b>RP-H-E-F9</b> tmax.=70°C<br>Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa] <b>105-155-205</b><br>Class ISO 16890 <b>ePM1 85%</b><br>Airflow [m³/h] <b>1.302</b><br>Bag length [mm] <b>292,0</b><br>Filter energy class (EN 779:2012) <b>C</b><br>Filter media type <b>Fiber Glass</b> |                        | Filter surface [m2] <b>8,90</b><br>Cells pcs x size [mm] <b>1 x 592,0 x 287,0</b><br><b>rigid bag filter</b><br>Galvanized guides (side removable center lock)<br>Final pressure drop acc. EN 13053          |                  |                                        |                 |
| Standard hinged door <b>ZIS</b> Access side: right                                                                                                                                                                                                                                                          |                        | Dimensions [mm] <b>457,5 x 457,5 -[L]</b>                                                                                                                                                                    |                  |                                        |                 |
| <b>( 300 )</b> 1 Pcs <b>Door lock</b>                                                                                                                                                                                                                                                                       |                        |                                                                                                                                                                                                              |                  |                                        |                 |
| <b>( 178 )</b> 1 set <b>Pressure test points mounted</b>                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                                                                                                                                                                                                              |                  |                                        |                 |
| <b>K</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Cooling coil</b>    | <b>610,0 [mm]</b>                                                                                                                                                                                            | <b>1,3 [m2]</b>  | <b>67,00 [kg]</b>                      | <b>122 [Pa]</b> |
| Airflow [m³/h] <b>1.302</b> Density [kg/m³] <b>1,20</b><br>Coil face velocity [m/s] <b>2,28</b> SHR <b>0,71</b><br>Air in [°C] <b>23,40</b> Humidity [%] <b>57,0</b><br>Air out [°C] <b>12,40</b> Humidity [%] <b>95,2</b><br>Capacity [kW] <b>6,80</b><br>air-side dry p.d. [Pa] <b>116</b>                |                        | Medium <b>Water</b><br>Med. Flow [l/s] <b>0,2900</b> Content <b>8,3 l</b><br>Med. velocity [m/s] <b>0,77</b><br>Med. in [°C] <b>6,70</b><br>Med. out [°C] <b>12,20</b><br>Med. pres. drop [kPa] <b>15,96</b> |                  |                                        |                 |
| <b>40x34-AR/2,5pa/7R-9T-441L-2N/V1/CU-GW-3/4"/CU-AL-FeZn/LT601-HT446-C285</b><br>nos. of rows <b>7</b> Max press. [bar] <b>21</b><br>nos. of circuits <b>2</b><br>Fin spacing [mm] <b>2,50</b><br>Connection in <b>3/4"</b> <b>threaded</b><br>Connection out <b>3/4"</b> <b>threaded</b>                   |                        | Connection side <b>right</b><br>Fins <b>AL</b><br>Tubes <b>CU</b><br>Header <b>CU</b><br>Frames <b>GI</b>                                                                                                    |                  |                                        |                 |
| <b>( 152 )</b> 1 Pcs <b>Ball siphone</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                                                                                                                                                                                                              |                  |                                        |                 |
| <b>Drain pan</b> <b>AISI 304 - flat</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        | <b>610x610 Ø1"-R - not threaded</b>                                                                                                                                                                          |                  |                                        |                 |
| <b>Drip eliminator</b> Model <b>TA144</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        | Quality frame <b>-</b>                                                                                                                                                                                       |                  | Quality fins <b>PPTV</b> <b>6 [Pa]</b> |                 |
| <b>H</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Heating coil</b>    | <b>152,5 [mm]</b>                                                                                                                                                                                            | <b>0,32 [m2]</b> | <b>22,00 [kg]</b>                      | <b>22 [Pa]</b>  |
| Airflow [m³/h] <b>1.302</b> Density [kg/m³] <b>1,20</b><br>Coil face velocity [m/s] <b>1,83</b><br>Air in [°C] <b>12,40</b> Humidity [%] <b>98,0</b><br>Air out [°C] <b>24,00</b> Humidity [%] <b>47,1</b><br>Air press. Drop [Pa] <b>22</b><br>Capacity [kW] <b>5,15</b>                                   |                        | Medium <b>Water</b><br>Med. Flow [l/s] <b>0,1200</b> Content <b>2,2 l</b><br>Med. velocity [m/s] <b>0,65</b><br>Med. in [°C] <b>45,00</b><br>Med. out [°C] <b>35,00</b><br>Med. pres. drop [kPa] <b>5,16</b> |                  |                                        |                 |
| <b>60x30-AC/2pa/2R-7T-471L-1N/V1/CU-GW-1/2"/CU-AL-FeZn/LT601-HT448-C100</b><br>nos. of rows <b>2</b> Max press. [bar] <b>21</b><br>nos. of circuits <b>1</b><br>Fin spacing [mm] <b>2,00</b><br>Connection in <b>1/2"</b> <b>threaded</b><br>Connection out <b>1/2"</b> <b>threaded</b>                     |                        | Connection side <b>right</b><br>Fins <b>AL</b><br>Tubes <b>CU</b><br>Header <b>CU</b><br>Frames <b>GI</b>                                                                                                    |                  |                                        |                 |
| <b>UL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>turning section</b> | <b>507,5 [mm]</b>                                                                                                                                                                                            | <b>1,14 [m2]</b> | <b>30,00 [kg]</b>                      | <b>1 [Pa]</b>   |
| <b>Opening:</b> <b>4</b> <b>Bottom</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      |                        | <b>1 [Pa]</b>                                                                                                                                                                                                |                  |                                        |                 |
| <b>UL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>turning section</b> | <b>507,5 [mm]</b>                                                                                                                                                                                            | <b>1,14 [m2]</b> | <b>29,00 [kg]</b>                      | <b>1 [Pa]</b>   |
| <b>Opening:</b> <b>3</b> <b>Top</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        | <b>1 [Pa]</b>                                                                                                                                                                                                |                  |                                        |                 |



BOLOGNA



Offer 24.063 R3 STANDARD  
Drawing 011  
Position 011  
Unit UMA 4

Pieces 1  
Rev. Nr.  
Rev. date

| VF                                          | Supply air-Plug fan    |                                    |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              | 915,0 [mm] | 1,96 [m2]                                           | 82,00 [kg] | 7 [Pa]                     |  |                         |  |       |  |
|---------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--------------|------------|-----------------------------------------------------|------------|----------------------------|--|-------------------------|--|-------|--|
| Fan                                         |                        | Ziehl-Abegg/ER25C-2DN.B7.1R        |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Motor                                               |            |                            |  | ZAH-IE2-50-90-2-2.2     |  |       |  |
| Air volume [m³/h] ( density: [kg/m³] 1,20 ) |                        | 1.302,00                           |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Protection                                          |            |                            |  | IP55                    |  |       |  |
| External press [Pa]                         |                        | 500                                |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Insulation class                                    |            |                            |  | F                       |  |       |  |
| ext. press. on intake / outlet [Pa]         |                        | -250 / 250                         |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | nom mechanical power [kW]                           |            |                            |  | 1,100                   |  |       |  |
| dyn.press.drop [Pa]                         |                        | 24                                 |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Speed +-2% [1/min]                                  |            |                            |  | 2.850                   |  |       |  |
| Tot. pressure [Pa]                          |                        | 1.280                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Current +-5% [A]                                    |            |                            |  | 2,30                    |  |       |  |
| Speed [1/min]                               |                        | 3.868                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Voltage [V]                                         |            |                            |  | 3x440 / 60              |  |       |  |
| sound power [dB(A)]                         |                        | 88,3                               |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Starting mode                                       |            |                            |  | Suitable for freq. inv. |  |       |  |
| shaft capacity [kW]                         |                        | 0,710                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Motor Efficiency +-2 [%]                            |            |                            |  | 83                      |  |       |  |
| total fan efficiency [%]                    |                        | 65,2                               |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Electrically absorbed power [kW]                    |            |                            |  | 1,50                    |  |       |  |
| max. nom. RPM [1/min]                       |                        | 4.280                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | operating point of FC [Hz]                          |            |                            |  | 67,9                    |  |       |  |
| Calibration faktor K_A [m²s/h]              |                        | 46                                 |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | maximal frequency [Hz]                              |            |                            |  | 75,0                    |  |       |  |
| Speed control:                              |                        | FC needed, not included!           |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Motor efficiency class                              |            |                            |  | IEC60034: IE 2          |  |       |  |
| Temperature increase fan section [°C]       |                        | 2,00                               |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | fan connection :                                    |            |                            |  | rubber sealing          |  |       |  |
| Fan octave band sound power level Lokt / dB |                        |                                    |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Material fanwall                                    |            |                            |  | galvanized steel        |  |       |  |
| Frq. [Hz]                                   |                        | 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Antivibration insulators                            |            |                            |  | Rubber insulators GI    |  |       |  |
| Inlet                                       |                        | 81 76 80 81 74 72 70 67            |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Pos. 1 1x25 X 20 55 Sh Typ                          |            | Pos. 3 1x25 X 20 55 Sh Typ |  |                         |  |       |  |
| Outlet                                      |                        | 83 82 84 85 83 82 76 72            |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Pos. 2 1x25 X 20 55 Sh Typ                          |            | Pos. 4 1x25 X 20 55 Sh Typ |  |                         |  |       |  |
| ( 22 )                                      |                        | 1 set                              |  | Equipotential wire on insulator 25mm²                                          |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| ( 31 )                                      |                        | 1 Pcs                              |  | Pressure test points for determination of the airflow on access side connected |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| ( 3147 )                                    |                        | 1 Pcs                              |  | Air volume gauge, display, transmitter, 24 V DC, 0...1000 Pa                   |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| ( 41 )                                      |                        | 1 set                              |  | Protection PTC                                                                 |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            | 1 x M16                    |  |                         |  |       |  |
| ( 47 )                                      |                        | 1 set                              |  | Motor precabeled                                                               |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| ( 53 )                                      |                        | 1 set                              |  | Gland for power cable 1 x M20                                                  |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Standard hinged door                        |                        | ZIS                                |  | Access side: left                                                              |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            | Dimensions [mm]            |  | 457,5 x 457,5 -[R]      |  |       |  |
| ( 300 )                                     |                        | 1 Pcs                              |  | Door lock                                                                      |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Inspection window square, normal            |                        |                                    |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Illumination                                |                        |                                    |  | Protection                                                                     |  |  |  |  |  | IP44         |            |                                                     |            | Voltage [V]                |  | 230                     |  |       |  |
| Type                                        |                        |                                    |  | Bulkh.light Plast. LED                                                         |  |  |  |  |  | with cabling |            |                                                     |            | Power [W]                  |  | 8                       |  |       |  |
| AF                                          | Absolute filter (HEPA) |                                    |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              | 915,0 [mm] | 1,96 [m2]                                           | 71,00 [kg] | 389 [Pa]                   |  |                         |  |       |  |
| Manufacture                                 |                        | COFIM                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Cells pcs x size [mm]                               |            | 1 x                        |  | 595,0 x                 |  | 287,0 |  |
| Type                                        |                        | NB H13-H13                         |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | tmax.=70°C                                          |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Initial dP [Pa]                             |                        | 176                                |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Final dP [Pa]                               |                        | 600                                |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Airflow [m³/h]                              |                        | 1.302                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            | Galvanized Frames (front removable ) dirty air side |            |                            |  |                         |  |       |  |
| filter length [mm]                          |                        | 292,0                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Filter surface [m2]                         |                        | 17,50                              |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Standard hinged door                        |                        | ZIS                                |  | Access side: left                                                              |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            | Dimensions [mm]            |  | 457,5 x 457,5 -[L]      |  |       |  |
| ( 300 )                                     |                        | 1 Pcs                              |  | Door lock                                                                      |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |
| Opening:                                    |                        | 7                                  |  | Frontal full                                                                   |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            | Dimensions [mm]            |  | 550,0 x 397,5           |  |       |  |
| C-connection frame                          |                        | galvanized steel                   |  |                                                                                |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            | 1 [Pa]                     |  |                         |  |       |  |
| ( 178 )                                     |                        | 1 set                              |  | Pressure test points mounted                                                   |  |  |  |  |  |              |            |                                                     |            |                            |  |                         |  |       |  |



**Offer** 24.063 R3 STANDARD  
**Drawing** 011  
**Position** 011  
**Unit** UMA 4

**Pieces** 1  
**Rev. Nr.**  
**Rev. date**

| AHU sound levels                                   | ME | 63   | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Tot dB(A)   |
|----------------------------------------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 1> Airborne SWL over casing [dB]                   |    | 71,8 | 64,4 | 58,2 | 57,5 | 53,9 | 52,5 | 44,2 | 40,4 | <b>59,9</b> |
| 2> SWL at air inlet [dB]                           |    | 69,5 | 71,5 | 70,5 | 64,0 | 58,0 | 45,0 | 45,0 | 40,0 | <b>65,8</b> |
| 3> SWL at air outlet [dB]                          |    | 75,0 | 76,5 | 79,5 | 80,0 | 77,0 | 73,0 | 64,0 | 54,0 | <b>81,5</b> |
| 4> Sound press. for 1 [m] distance from AHU        |    | 55,8 | 48,4 | 42,2 | 41,5 | 37,9 | 36,5 | 28,2 | 24,4 | <b>44,0</b> |
| 5> Sound press. for 1 [m] distance from air inlet  |    | 62,1 | 64,8 | 64,5 | 58,5 | 52,7 | 39,8 | 40,1 | 35,1 | <b>60,1</b> |
| 6> Sound press. for 1 [m] distance from air outlet |    | 67,6 | 69,8 | 73,5 | 74,5 | 71,7 | 67,8 | 59,1 | 49,1 | <b>76,1</b> |

Calculated sound pressure levels are indicative only. It corresponds to : free field hemispheric sound radiation from the unit casing (4), the inlet (5) and the outlet (6) opening. Other sound sources, acoustic character of the room, air flow noise, duct connections and vibrations can influence the sound pressure in dependence. In practice, therefore measured values on site May be different from the calculated ones.

|          |       |                                                                   |         |
|----------|-------|-------------------------------------------------------------------|---------|
| ( 303 )  | 1 Pcs | End switch (On doors)                                             | 1 x M16 |
| ( 3169 ) | 1 Pcs | Panel insulation mineral wool                                     |         |
| ( 3125 ) | 1     | Plug in profiles in PVC                                           |         |
| ( 3166 ) | 1     | Truck - Transport                                                 |         |
| ( 318 )  | 1 Pcs | Nylon Wrapping                                                    |         |
| ( 1000 ) | 1 set | Unit feet Std for Airwasher 395 mm fixed height, galvanized steel |         |
| ( 407 )  | 1 set | Base frame ZHK GR-LP80 galvanized steel                           |         |
| ( 904 )  | 1 Pcs | Front side covering White                                         |         |

| EUROVENT data                     |                      |                                    |                 |
|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------|
| Range / Casing MB                 | ZHK / ZHK INOVA      | t <sub>ODA</sub> EEC               | 12,40 [°C]      |
| Thermal classes (MB)              | T2 - TB2             | Mixing Ratio                       | 0 [%]           |
| Casing air leakage (MB)           | L1                   | Size reference velocity            | 1,30 (V1) [m/s] |
| Mechanical strength (MB)          | D1                   | Total static pressure EEC          | 1249 [Pa]       |
| Heat recovery class               |                      | Internal Static Pressure           | 749 [Pa]        |
| fan design for dry/wet conditions | see relating section | Power input real                   | 0,89 [kW]       |
|                                   |                      | Pressure drop ERS S/R              | 0 / 0 [Pa]      |
| Country                           | Italy                | Total static pressure EEC          | 1249 [Pa]       |
| ASHRAE - Install.                 | BOLOGNA              | Internal Static Pressure           | 749 [Pa]        |
| Design temperature dry bulb       | 34,90 [°C]           | Power input real                   | 0,89 [kW]       |
| Design temperature dew point      | 17,60 [°C]           | Summer Temperature efficiency S/R  |                 |
| Winter design outdoor temperature | [°C]                 | Summer wet/humidity efficiency S/R |                 |
| Mixing Ratio                      | 0 [%]                | Pressure drop ERS S/R              |                 |

| Additional informations according EU regulation no. 1253/2014 |                                  |                                           |                     |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|
| a) Manufacturer                                               | Euroclima                        | j) face velocity                          | 1,3 [m/s]           |
| b) Model identifier                                           | 24.063 R3 STANDARD / 011         | k) Nominal external pressure              | 500 [Pa]            |
| c) Unit type                                                  | NRVU - UVU                       | l) Int press.drop vent. components        | 112 [Pa]            |
| d) Type of drive Supply                                       | Variable speed / FC not included | m) int press.drop not vent. components    | 587 [Pa]            |
| Type of drive Return                                          | No Exhaust fan                   | n) Static fan efficiency (EU No 327/2011) | 60,2 [%]            |
| e) Energy recovery system type                                | -                                | o) External leakage +/-400 Pa (RU)        | 1,19% L2 / 1,19% L2 |
| f) thermal efficiency of HRS                                  | not applicable                   | internal leakage 250 Pa                   |                     |
| g) Nominal air flow rate                                      | 0,36 [m³/s]                      | p) energy classification filters          | see filter data     |
| h) effective electric power input                             | 0,89 [kW]                        | r) Casing sound power level LWA           | 60 [dB(A)]          |
| i) SFP int / SFP int max. (ErP 2018)                          | 221 / 230 [W/(m³/s)]             | s) www.euroclima.com                      |                     |

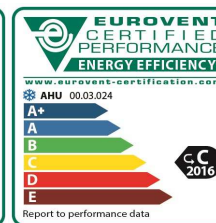
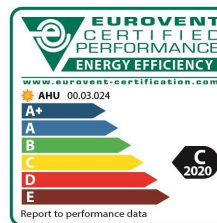
#### ErP compliance according to EU1253/2014

No compliance check has been done for this unit because out of scope as

**Unit for delivery out of European Union**

has been selected

Euroclima participates in the ECP programme for: Air Handling Units (AHU). Check ongoing validity of certificate: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)



**Name** Merli E. **Date** 11/07/2024 - 10:40

|              |                    |
|--------------|--------------------|
| <b>Offer</b> | 24.063 R3 STANDARD |
|--------------|--------------------|

**Position** 004  
UMA 5

## Project

**Drawing**            004            [Pcs] 1

**Date** 10/07/2024

**Client** T.E.CO. Srl

Street CAMPOSAN

**Client request no**

## Revision

## Execution

### Indoor Unit

Weight [kg]

696

specific fan power [W/(m<sup>3</sup>/s)]

1930

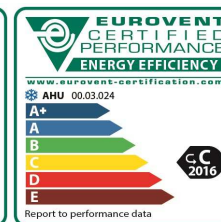
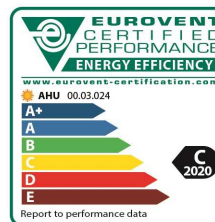
**EU 1253/2014 compliance**

out of scope

## TECHNICAL DATA

ZHK Inova

|                                  |                       |                         |                              |                                     |                          |                  |                   |          |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|----------|
| Supply air                       |                       | Size:9/9                | Weight:696 [kg]              | Surface: 15,4 [m2]                  | Velocity: 1,93 [m/s]     |                  |                   |          |
| design                           |                       | M1-FH-TF-K-H-VF-AF      |                              | Dimensions [mm]                     | L: 4.117,5               | W: 1.015         | H: 1.045          |          |
| Air volume [m³/h]                |                       | 5.818                   |                              | Panel inside                        | 50 [mm]                  | galvanized steel | 1,00 mm           |          |
| external pressure drop [Pa]      |                       | 500                     |                              | Panel inside bottom                 |                          | galvanized steel |                   |          |
| total pressure drop [Pa]         |                       | 1395                    |                              | Guides                              |                          | galvanized steel |                   |          |
| Specific fan power [W/(m³/s)]    |                       | 1930                    |                              | Panel outside                       |                          | White A47SME     | 0,70 mm           |          |
| M1                               | Simple mixing section |                         |                              | 457,5 [mm]                          | 1,96 [m2]                | 60,00 [kg]       | 5 [Pa]            |          |
| Recircle air [m³/h]              |                       | 5.407                   | 22,00 [°C]                   | 50,0 [%]                            | Mixed air                | 22,90 [°C]       | Rel. humidity     | 51,2 [%] |
| Fresh air [m³/h]                 |                       | 411                     | 35,00 [°C]                   | 50,0 [%]                            | Mixing ratio             | 93 %             |                   |          |
| Opening:                         |                       | 3                       | Top                          |                                     | Dimensions [mm]          | 855,0 x 245,0    |                   |          |
| ( 23 )                           |                       | Damper                  |                              | Frame                               | GI                       | seal lip         | Yes               |          |
|                                  |                       | torque [Nm]             | 1,4                          | Blades                              | AL                       | Blade drive      | Gearwheels , PPGF |          |
|                                  |                       | Axle                    | 1                            | drive type                          | manual fixing - External |                  |                   |          |
| Opening:                         |                       | 1                       | Frontal top horizontal       |                                     | Dimensions [mm]          | 855,0 x 397,5    |                   |          |
| ( 23 )                           |                       | Damper                  |                              | Frame                               | GI                       | seal lip         | Yes               | 5 [Pa]   |
|                                  |                       | torque [Nm]             | 2,1                          | Blades                              | AL                       | Blade drive      | Gearwheels , PPGF |          |
|                                  |                       | Axle                    | 1                            | drive type                          | manual fixing - External |                  |                   |          |
| FH                               | Panel filter          |                         |                              | 152,5 [mm]                          | 0,56 [m2]                | 22,00 [kg]       | 78 [Pa]           |          |
| Manufacture                      |                       | General Filter          |                              | Cells pcs x size [mm]               |                          | 1 x              | 592,0 x           | 592,0    |
| Type                             |                       | CFW40-048-G4 tmax.=70°C |                              |                                     |                          | 1 x              | 592,0 x           | 287,0    |
| Class ISO 16890                  |                       | Coarse 60%              |                              |                                     |                          | 1 x              | 592,0 x           | 287,0    |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa] |                       | 53-78-103               |                              |                                     |                          | 1 x              | 287,0 x           | 287,0    |
| Airflow [m³/h]                   |                       | 5.818                   |                              |                                     |                          |                  |                   |          |
| filter thickness [mm]            |                       | 48,0                    |                              | Galvanized guide ( side removable ) |                          |                  |                   |          |
| Filter surface [m2]              |                       | 1,32                    |                              |                                     |                          |                  |                   |          |
| Filter media type                |                       | Synthetic               |                              | Final pressure drop acc. EN 13053   |                          |                  |                   |          |
| Removable panel                  |                       | ZIB                     | Access side: left            |                                     | Dimensions [mm]          | 152,5 x 915,0    |                   |          |
| ( 178 )                          |                       | 1 set                   | Pressure test points mounted |                                     |                          |                  |                   |          |



Offer 24.063 R3 STANDARD  
Drawing 004  
Position 004  
Unit UMA 5

Pieces 1  
Rev. Nr.  
Rev. date

| TF                                                                        | Bag Filter   |        |                              | 457,5 [mm]                                     | 1,68 [m2]       | 62,00 [kg]         | 166 [Pa]     |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Manufacture                                                               |              |        |                              | Filter surface [m2]                            | 32,30           |                    |              |
| Type                                                                      |              |        |                              | Cells pcs x size [mm]                          | 1 x             | 592,0 x            | 592,0        |
| Init.-Dim.-Fin. press. drop [Pa]                                          |              |        |                              |                                                | 1 x             | 592,0 x            | 287,0        |
| Class ISO 16890                                                           |              |        |                              | rigid bag filter                               | 1 x             | 592,0 x            | 287,0        |
| Airflow [m³/h]                                                            |              |        |                              | Galvanized guides (side removable center lock) |                 |                    |              |
| Bag length [mm]                                                           |              |        |                              | Final pressure drop acc. EN 13053              |                 |                    |              |
| Filter energy class (EN 779:2012)                                         |              |        |                              |                                                |                 |                    |              |
| Filter media type                                                         |              |        |                              |                                                |                 |                    |              |
| Standard hinged door                                                      |              | ZIS    | Access side: left            | Dimensions [mm]                                |                 | 457,5 x 915,0 -[L] |              |
| ( 300 )                                                                   |              | 1 Pcs  | Door lock                    |                                                |                 |                    |              |
| ( 178 )                                                                   |              | 1 set  | Pressure test points mounted |                                                |                 |                    |              |
| K                                                                         | Cooling coil |        |                              | 610,0 [mm]                                     | 2,23 [m2]       | 142,00 [kg]        | 161 [Pa]     |
| Airflow [m³/h]                                                            |              |        |                              | Medium                                         | Water           |                    |              |
| Coil face velocity [m/s]                                                  |              |        |                              | Med. Flow [l/s]                                | 1,2900          | Content            | 28,7 l       |
| Air in [°C]                                                               |              |        |                              | Med. velocity [m/s]                            | 0,84            |                    |              |
| Air out [°C]                                                              |              |        |                              | Med. in [°C]                                   | 6,70            |                    |              |
| Capacity [kW]                                                             |              |        |                              | Med. out [°C]                                  | 12,20           |                    |              |
| air-side dry p.d. [Pa]                                                    |              |        |                              | Med. pres. drop [kPa]                          | 19,30           |                    |              |
| 40x34-AR/2,5pa/7R-21T-731L-8N/V2/CU-GW-1 1/4"/CU-AL-FeZn/LT906-HT904-C285 |              |        |                              |                                                |                 |                    |              |
| nos. of rows                                                              |              | 7      | Max press. [bar]             | 21                                             | Connection side | left               |              |
| nos. of circuits                                                          |              | 8      |                              |                                                | Fins            | AL                 |              |
| Fin spacing [mm]                                                          |              | 2,50   |                              |                                                | Tubes           | CU                 |              |
| Connection in                                                             |              | 1 1/4" | threaded                     |                                                | Header          | CU                 |              |
| Connection out                                                            |              | 1 1/4" | threaded                     |                                                | Frames          | GI                 |              |
| ( 152 )                                                                   |              | 1 Pcs  | Ball siphone                 |                                                |                 |                    |              |
| Drain pan AISI 304 - flat 610x915 Ø1"-L - not threaded                    |              |        |                              |                                                |                 |                    |              |
| Drip eliminator                                                           |              | Model  | TA144                        | Quality frame                                  | -               | Quality fins       | PPTV 14 [Pa] |
| H                                                                         | Heating coil |        |                              | 305,0 [mm]                                     | 1,12 [m2]       | 60,00 [kg]         | 45 [Pa]      |
| Airflow [m³/h]                                                            |              |        |                              | Medium                                         | Water           |                    |              |
| Coil face velocity [m/s]                                                  |              |        |                              | Med. Flow [l/s]                                | 0,6200          | Content            | 8,7 l        |
| Air in [°C]                                                               |              |        |                              | Med. velocity [m/s]                            | 1,08            |                    |              |
| Air out [°C]                                                              |              |        |                              | Med. in [°C]                                   | 50,00           |                    |              |
| Air press. Drop [Pa]                                                      |              |        |                              | Med. out [°C]                                  | 40,00           |                    |              |
| Capacity [kW]                                                             |              |        |                              | Med. pres. drop [kPa]                          | 21,54           |                    |              |
| 40x34-AC/3pa/2R-21T-746L-3N/V2/CU-GW-3/4"/CU-AL-FeZn/LT906-HT906-C110     |              |        |                              |                                                |                 |                    |              |
| nos. of rows                                                              |              | 2      | Max press. [bar]             | 21                                             | Connection side | left               |              |
| nos. of circuits                                                          |              | 3      |                              |                                                | Fins            | AL                 |              |
| Fin spacing [mm]                                                          |              | 3,00   |                              |                                                | Tubes           | CU                 |              |
| Connection in                                                             |              | 3/4"   | threaded                     |                                                | Header          | CU                 |              |
| Connection out                                                            |              | 3/4"   | threaded                     |                                                | Frames          | GI                 |              |



Offer 24.063 R3 STANDARD  
Drawing 004  
Position 004  
Unit UMA 5

Pieces 1  
Rev. Nr.  
Rev. date

| VF                                          | Supply air-Plug fan |                                      |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            | 1.220,0 [mm] | 4,47 [m2]                            | 218,00 [kg] | 18 [Pa]              |  |                         |  |
|---------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------|-----|------|------|-----------------|------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|-------------|----------------------|--|-------------------------|--|
| Fan                                         |                     | Nicotra/Gebhardt/RLM E6-4550-43-21-N |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Motor                                |             |                      |  | ZAH-IE2-50-90-2-2.2     |  |
| Air volume [m³/h] ( density: [kg/m³] 1,20 ) |                     | 5.818,00                             |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Protection                           |             |                      |  | IP55                    |  |
| External press [Pa]                         |                     | 500                                  |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Insulation class                     |             |                      |  | F                       |  |
| ext. press. on intake / outlet [Pa]         |                     | -250 / 250                           |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | nom mechanical power [kW]            |             |                      |  | 5,500                   |  |
| dyn.press.drop [Pa]                         |                     | 24                                   |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Speed +-2% [1/min]                   |             |                      |  | 1.455                   |  |
| Tot. pressure [Pa]                          |                     | 1.395                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Current +-5% [A]                     |             |                      |  | 11,10                   |  |
| Speed [1/min]                               |                     | 2.076                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Voltage [V]                          |             |                      |  | 3x440 / 60              |  |
| sound power [dB(A)]                         |                     | 87                                   |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Starting mode                        |             |                      |  | Suitable for freq. inv. |  |
| shaft capacity [kW]                         |                     | 3,290                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Motor Efficiency +-2 [%]             |             |                      |  | 90                      |  |
| total fan efficiency [%]                    |                     | 68,5                                 |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Electrically absorbed power [kW]     |             |                      |  | 1,50                    |  |
| max. nom. RPM [1/min]                       |                     | 2.430                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | operating point of FC [Hz]           |             |                      |  | 71                      |  |
| Calibration faktor K_A [m²s/h]              |                     | 190                                  |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | maximal frequency [Hz]               |             |                      |  | 83,0                    |  |
| Speed control:                              |                     | FC needed, not included!             |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Motor efficiency class               |             |                      |  | IEC60034: IE 2          |  |
| Temperature increase fan section [°C]       |                     | 1,90                                 |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | fan connection :                     |             |                      |  | rubber sealing          |  |
| Fan octave band sound power level Lokt / dB |                     |                                      |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Material fanwall                     |             |                      |  | galvanized steel        |  |
| Frq. [Hz]                                   |                     | 63                                   | 125 | 250                                                                            | 500 | 1000 | 2000 | 4000            | 8000 | Antivibration insulators   |              |                                      |             | Rubber insulators GI |  |                         |  |
| Inlet                                       |                     | 76                                   | 87  | 83                                                                             | 80  | 75   | 75   | 74              | 67   | Pos. 1 1x40 x 30 55 Sh Typ |              | Pos. 3 1x30 x 30 45 Sh Typ           |             |                      |  |                         |  |
| Outlet                                      |                     | 77                                   | 84  | 82                                                                             | 79  | 82   | 82   | 77              | 69   | Pos. 2 1x40 x 30 55 Sh Typ |              | Pos. 4 1x30 x 30 45 Sh Typ           |             |                      |  |                         |  |
| ( 22 )                                      |                     | 1 set                                |     | Equipotential wire on insulator 25mm²                                          |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| ( 31 )                                      |                     | 1 Pcs                                |     | Pressure test points for determination of the airflow on access side connected |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| ( 3147 )                                    |                     | 1 Pcs                                |     | Air volume gauge, display, transmitter, 24 V DC, 0...1000 Pa                   |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| ( 41 )                                      |                     | 1 set                                |     | Protection PTC                                                                 |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             | 1 x M16              |  |                         |  |
| ( 47 )                                      |                     | 1 set                                |     | Motor precabeled                                                               |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| ( 53 )                                      |                     | 1 set                                |     | Gland for power cable 1 x M20                                                  |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| Standard hinged door                        |                     | ZIS                                  |     | Access side: left                                                              |     |      |      | Dimensions [mm] |      |                            |              | 610,0 x 915,0 -[R]                   |             |                      |  |                         |  |
| ( 300 )                                     |                     | 1 Pcs                                |     | Door lock                                                                      |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| Inspection window square, normal            |                     |                                      |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| Illumination                                |                     | Protection                           |     |                                                                                |     |      |      |                 |      | IP44                       |              | Voltage [V]                          |             | 230                  |  |                         |  |
| Type                                        |                     | Bulkh.light Plast. LED               |     |                                                                                |     |      |      |                 |      | with cabling               |              | Power [W]                            |             | 8                    |  |                         |  |
| AF                                          |                     | Absolute filter (HEPA)               |     |                                                                                |     |      |      |                 |      | 915,0 [mm]                 |              | 3,35 [m2]                            |             | 132,00 [kg]          |  | 398 [Pa]                |  |
| Manufacture                                 |                     | COFIM                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      | Cells pcs x size [mm]      |              | 1 x 595,0                            |             | x 595,0              |  |                         |  |
| Type                                        |                     | NB H13-H13                           |     |                                                                                |     |      |      |                 |      | tmax.=70°C                 |              | 1 x 595,0                            |             | x 287,0              |  |                         |  |
| Initial dP [Pa]                             |                     | 193                                  |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | 1 x 595,0                            |             | x 287,0              |  |                         |  |
| Final dP [Pa]                               |                     | 600                                  |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| Airflow [m³/h]                              |                     | 5.818                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              | Galvanized Frames (front removable ) |             | dirty air side       |  |                         |  |
| filter length [mm]                          |                     | 292,0                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| Filter surface [m2]                         |                     | 70,15                                |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| Standard hinged door                        |                     | ZIS                                  |     | Access side: left                                                              |     |      |      | Dimensions [mm] |      |                            |              | 457,5 x 915,0 -[L]                   |             |                      |  |                         |  |
| ( 300 )                                     |                     | 1 Pcs                                |     | Door lock                                                                      |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |
| Opening:                                    |                     | 7                                    |     | Frontal full                                                                   |     |      |      | Dimensions [mm] |      |                            |              | 855,0 x 855,0                        |             |                      |  |                         |  |
| C-connection frame                          |                     | galvanized steel                     |     |                                                                                |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             | 1 [Pa]               |  |                         |  |
| ( 178 )                                     |                     | 1 set                                |     | Pressure test points mounted                                                   |     |      |      |                 |      |                            |              |                                      |             |                      |  |                         |  |



**Offer** 24.063 R3 STANDARD  
**Drawing** 004  
**Position** 004  
**Unit** UMA 5

**Pieces** 1  
**Rev. Nr.**  
**Rev. date**

| AHU sound levels                                   | ME | 63   | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Tot dB(A)   |
|----------------------------------------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 1> Airborne SWL over casing [dB]                   |    | 65,8 | 69,4 | 57,2 | 52,5 | 52,9 | 52,5 | 45,2 | 37,4 | <b>59,3</b> |
| 2> SWL at air inlet [dB]                           |    | 64,5 | 82,5 | 73,5 | 63,0 | 59,0 | 48,0 | 49,0 | 40,0 | <b>69,7</b> |
| 3> SWL at air outlet [dB]                          |    | 73,5 | 81,0 | 78,0 | 74,0 | 76,0 | 73,0 | 65,0 | 51,0 | <b>79,7</b> |
| 4> Sound press. for 1 [m] distance from AHU        |    | 49,3 | 52,9 | 40,7 | 36,0 | 36,4 | 36,0 | 28,7 | 20,9 | <b>42,9</b> |
| 5> Sound press. for 1 [m] distance from air inlet  |    | 57,1 | 75,8 | 67,5 | 57,5 | 53,7 | 42,8 | 44,1 | 35,1 | <b>63,6</b> |
| 6> Sound press. for 1 [m] distance from air outlet |    | 66,1 | 74,3 | 72,0 | 68,5 | 70,7 | 67,8 | 60,1 | 46,1 | <b>74,4</b> |

Calculated sound pressure levels are indicative only. It corresponds to : free field hemispheric sound radiation from the unit casing (4), the inlet (5) and the outlet (6) opening. Other sound sources, acoustic character of the room, air flow noise, duct connections and vibrations can influence the sound pressure in dependence. In practice, therefore measured values on site May be different from the calculated ones.

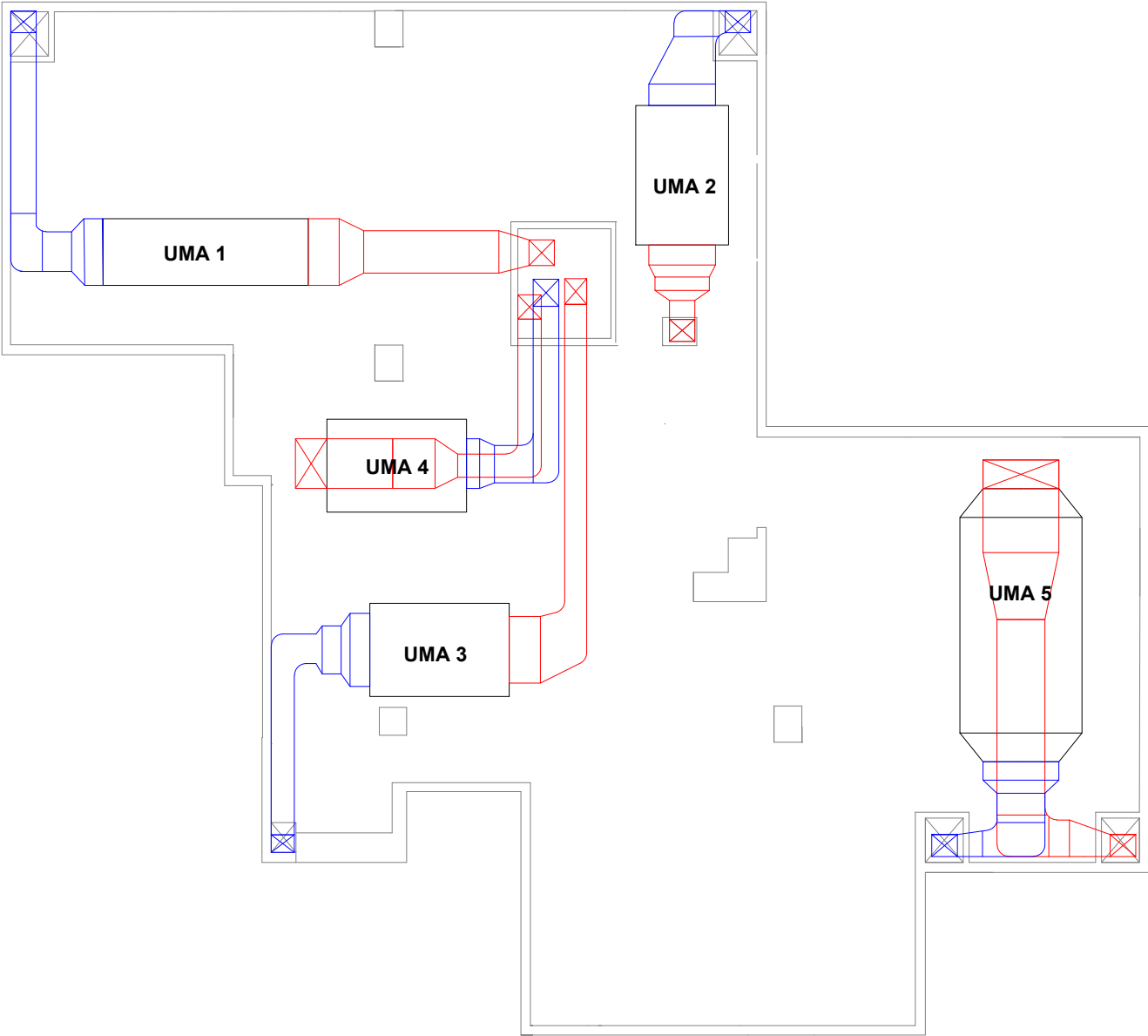
|          |       |                                                                       |         |
|----------|-------|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| ( 303 )  | 1 Pcs | End switch (On doors)                                                 | 1 x M16 |
| ( 3169 ) | 1 Pcs | Panel insulation mineral wool                                         |         |
| ( 3125 ) | 1     | Plug in profiles in PVC                                               |         |
| ( 3166 ) | 1     | Truck - Transport                                                     |         |
| ( 318 )  | 1 Pcs | Nylon Wrapping                                                        |         |
| ( 1000 ) | 1 set | Unit feet Std for Airwasher 395 mm fixed height, galvanized steel     |         |
| ( 1001 ) | 1 set | Additional feet                                                       |         |
| ( 407 )  | 1 set | Base frame ZHK GR-LP80 galvanized steel                               |         |
| ( 3159 ) | 1     | Connection of delivery sections from AHU outside with EASY CONNECTION |         |
| ( 904 )  | 1 Pcs | Front side covering White                                             |         |

#### EUROVENT data

|                                   |                      |                                    |                 |
|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------|
| Range / Casing MB                 | ZHK / ZHK INOVA      | t <sub>ODA</sub> EEC               | 12,50 [°C]      |
| Thermal classes (MB)              | T2 - TB2             | Mixing Ratio                       | 0 [%]           |
| Casing air leakage (MB)           | L1                   | Size reference velocity            | 1,93 (V3) [m/s] |
| Mechanical strength (MB)          | D1                   | Total static pressure EEC          | 1353 [Pa]       |
| Heat recovery class               |                      | Internal Static Pressure           | 853 [Pa]        |
| fan design for dry/wet conditions | see relating section | Power input real                   | 3,81 [kW]       |
|                                   |                      | Pressure drop ERS S/R              | 0 / 0 [Pa]      |
| Country                           | Italy                | Total static pressure EEC          | 1353 [Pa]       |
| ASHRAE - Install.                 | BOLOGNA              | Internal Static Pressure           | 853 [Pa]        |
| Design temperature dry bulb       | 34,90 [°C]           | Power input real                   | 3,81 [kW]       |
| Design temperature dew point      | 17,60 [°C]           | Summer Temperature efficiency S/R  |                 |
| Winter design outdoor temperature | [°C]                 | Summer wet/humidity efficiency S/R |                 |
| Mixing Ratio                      | 0 [%]                | Pressure drop ERS S/R              |                 |

#### Additional informations according EU regulation no. 1253/2014

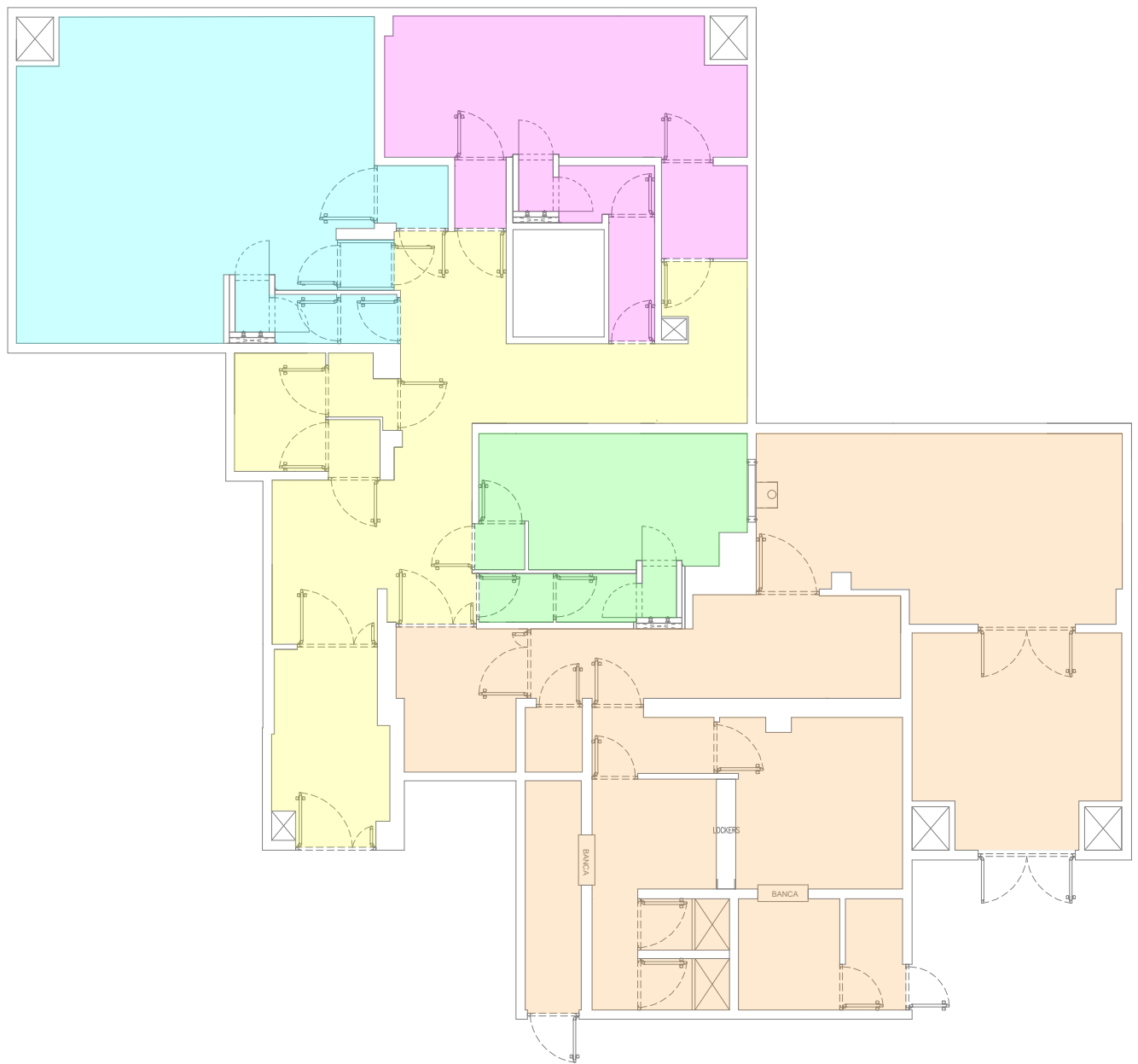
|                                      |                                  |                                           |                     |
|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|
| a) Manufacturer                      | Euroclima                        | j) face velocity                          | 1,93 [m/s]          |
| b) Model identifier                  | 24.063 R3 STANDARD / 004         | k) Nominal external pressure              | 500 [Pa]            |
| c) Unit type                         | NRVU - UVU                       | l) Int press.drop vent. components        | 134 [Pa]            |
| d) Type of drive Supply              | Variable speed / FC not included | m) int press.drop not vent. components    | 669 [Pa]            |
| Type of drive Return                 | No Exhaust fan                   | n) Static fan efficiency (EU No 327/2011) | 69 [%]              |
| e) Energy recovery system type       | -                                | o) External leakage -/+400 Pa (RU)        | 0,42% L2 / 0,42% L2 |
| f) thermal efficiency of HRS         | not applicable                   | internal leakage 250 Pa                   |                     |
| g) Nominal air flow rate             | 1,62 [m³/s]                      | p) energy classification filters          | see filter data     |
| h) effective electric power input    | 3,81 [kW]                        | r) Casing sound power level LWA           | 59 [dB(A)]          |
| i) SFP int / SFP int max. (ErP 2018) | 233 / 230 [W/(m³/s)]             | s) www.euroclima.com                      |                     |



| LEYENDA                                                                               |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | DUCTO INYECCION  |
|  | DUCTO EXTRACCION |
|  | EQUIPO HVAC      |

|                                                                                                                          |          |  |            |                    |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--|------------|--------------------|---------|
| DIBUJO                                                                                                                   | A.L.N.S. |  | ESCALA     | HVAC - DUCTOS UMAS |         |
| DISEÑO                                                                                                                   | A.L.N.S. |  | 1:100      |                    |         |
| APROBO                                                                                                                   | A.L.N.S. |  | FECHA      |                    |         |
| NORMA                                                                                                                    |          |  | 10/04/2025 |                    |         |
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA                                                                                       |          |  |            | PLANO N°           | N°<br>5 |
|  FACULTAD DE INGENIERIA<br>MECANICA |          |  |            | SUSTITUYE A        |         |
|                                                                                                                          |          |  |            | SUSTITUIDO POR     |         |





| LEYENDA     |       |
|-------------|-------|
| <div></div> | UMA 1 |
| <div></div> | UMA 2 |
| <div></div> | UMA 3 |
| <div></div> | UMA 4 |
| <div></div> | UMA 5 |

|                                                            |          |  |            |                |         |
|------------------------------------------------------------|----------|--|------------|----------------|---------|
| DIBUJO                                                     | A.L.N.S. |  | ESCALA     | HVAC - UMAS    |         |
| DISEÑO                                                     | A.L.N.S. |  | 1:100      |                |         |
| APROBO                                                     | A.L.N.S. |  | FECHA      |                |         |
| NORMA                                                      |          |  | 10/04/2025 |                |         |
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA                         |          |  |            | PLANO N°       | N°<br>4 |
| <div></div> <div>FACULTAD DE INGENIERIA<br/>MECANICA</div> |          |  |            | SUSTITUYE A    |         |
|                                                            |          |  |            | SUSTITUIDO POR |         |