

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,**

**INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**TESIS**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON JET FANS PARA CONTROLAR EL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL ESTACIONAMIENTO DEL CENTRO COMERCIAL HUANCARO - CUSCO - PERU**

**PRESENTADA POR:**

Br. RUTH MERY VARGAS YUPANQUI

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**ASESOR:**

Ing. PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES

**CUSCO – PERU**

**2025**



# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Ingeniero PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES, quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON JET FANS PARA CONTROLAR EL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL ESTACIONAMIENTO DEL CENTRO COMERCIAL HUANCARO - CUSCO - PERU.

Presentado por: RUTH MERY VARGAS YUPANQUI DNI N° 72708389; presentado por: ..... DNI N°: .....

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO MECÁNICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

### Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

| Porcentaje     | Evaluación y Acciones   | Marque con una (X) |
|----------------|---|--------------------|
| Del 1 al 10%   | No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.   | X                  |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las subsanaciones.   |                    |
| Mayor a 31%    | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. |                    |

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 15 de Enero de 2026

Firma

Post firma PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES

Nro. de DNI 23852830

ORCID del Asesor 0.000-0.001-8141-4405

### Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:546513803

# TESIS Ruth Mery Vargas Yupanqui.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

---

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:546513803

221 páginas

Fecha de entrega

15 ene 2026, 2:08 p.m. GMT-5

26.415 palabras

Fecha de descarga

15 ene 2026, 2:28 p.m. GMT-5

147.649 caracteres

Nombre del archivo

TESIS Ruth Mery Vargas Yupanqui.pdf

Tamaño del archivo

18.0 MB

# 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

|    |   |
|----|---|
| 7% |  Fuentes de Internet                           |
| 1% |  Publicaciones                                 |
| 6% |  Trabajos entregados (trabajos del estudiante) |

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **DEDICATORIA.**

Esta tesis la dedico a mis padres Hilario Vargas Tobar e Hilaria Yupanqui Quispe y a mi hermano Jhon Yerson Vargas Yupanqui, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y confianza me motivaron a culminar esta etapa académica, a mis familiares y a las personas que contribuyeron, directa o indirectamente, a la realización de esta investigación.

## **AGRADECIMIENTO.**

Expreso mi más sincero agradecimiento, como primer lugar a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de esta etapa, por darme salud, la sabiduría y la perseverancia necesaria para culminar este trabajo.

A la **Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco** y a la **Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica** por brindarme la formación y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

Agradezco de manera especial a mi asesor de tesis, **Ing. Percy Miguel Rueda Puelles**, por su orientación, paciencia y valiosas recomendaciones durante el desarrollo de esta investigación.

Extiendo también mi gratitud a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica que, con su dedicación y compromiso, contribuyeron a fortalecer mis conocimientos y despertar en mí el interés por la investigación.

## RESUMEN

El presente tema de investigación, tiene como objetivo mantener el monóxido de carbono por debajo de los 35 ppm dentro del estacionamiento del centro comercial Huancaro, el cual tiene un área de  $5\ 719\ m^2$ . La investigación tiene un enfoque cuantitativo con un diseño de la investigación no experimental de tipo aplicado con simulación CFD.

Se analizaron los datos de arquitectura para determinar los parámetros de diseño, el caudal y pérdida de presión necesarios para desarrollar el diseño de ventilación y luego se validó el desempeño mediante una simulación CFD con el programa de Pyrosim evaluando la dispersión del monóxido de carbono y el tiempo de renovación del aire en el estacionamiento.

El caudal se determinó conforme al procedimiento recomendado por la normativa ASHRAE, el Reglamento Nacional de Edificaciones EM.030 y la NFPA . El sistema de ventilación incluye dos ventiladores helicoidales para el sistema de inyección y extracción modelo CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-300 60HZ para un caudal de 75 744 cfm, 14 equipos de ventilación tipo jet fan modelo HCT/IMP-LS-UNI-35-2T-1.5 60HZ con un caudal de 3 743 cfm.

El dimensionamiento de ductos se realizó considerando una caída de presión por longitud de 0.1 inWC y manteniendo una velocidad de aire recomendada por la norma ASHRAE. Todo el sistema de ventilación fue validado mediante una simulación CFD.

Se concluyó que el diseño del sistema de ventilación logra controlar el monóxido de carbono hasta concentraciones permisibles. El monto del presupuesto para la ejecución del proyecto asciende a S/. 304 514.16.

**Palabras clave:** Sistema de Ventilación, Equipos de Ventilación Jet Fan, Flujo de Aire, Pérdida de Presión.

## ABSTRACT

This research aims to maintain carbon monoxide levels below 35 ppm in the parking garage of the Huancaro shopping center, which has an area of 5,719 m<sup>2</sup>. The research employs a quantitative approach with a non-experimental, applied research design using CFD simulation.

Architectural data was analyzed to determine the design parameters, flow rate, and pressure drop required for the ventilation design. The design's performance was then validated through CFD simulation using Pyrosim software, evaluating carbon monoxide dispersion and air exchange time in the parking garage.

The flow rate was determined according to the procedures recommended by ASHRAE standards, the Colombian National Building Code EM.030, and NFPA. The ventilation system includes two axial fans for the supply and exhaust system, model CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-300 60HZ, with an airflow of 75,744 cfm, and 14 jet fan units, model HCT/IMP-LS-UNI-35-2T-1.5 60HZ, with an airflow of 3,743 cfm.

Duct sizing was performed considering a pressure drop per unit length of 0.1 inWC and maintaining an air velocity recommended by the ASHRAE standard. The entire ventilation system was validated through CFD simulation. It was concluded that the ventilation system design effectively controls carbon monoxide to permissible concentrations. The budget for the project is S/. 304,514.16.

**Keywords:** Ventilation System, Jet Fan Ventilation Equipment, Airflow, Pressure Loss.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo principal controlar la concentración de monóxido carbono (CO) en niveles inferiores a los valores permisibles establecido por la normativa vigente.

Este estudio surge a partir de la problemática observada en los estacionamientos subterráneos, donde la ausencia de ventilación natural debido a la falta de ventanas o aberturas que permita una ventilación cruzada provoca la acumulación de monóxido de carbono generado por los vehículos en operación. Dicha acumulación representa un riesgo significativo para la salud humana, pudiendo ocasionar desde afecciones leves hasta consecuencias graves o incluso la muerte.

El proyecto del centro comercial Huancaro contempla un estacionamiento subterráneo con una capacidad de 124 vehículos, al ser de gran magnitud hace necesaria la implementación de un sistema de ventilación mecánica adecuada que garantice la renovación de aire y la dispersión de los gases contaminantes.

La elección de este tema es por el interés del autor por especializarse en el área de la ventilación mecánica, además de que hay una escasa aplicación local del sistema de ventilación tipo jet fan. Por ello, esta investigación busca promover el uso en futuros proyectos de infraestructura, contribuyendo al diseño de espacios más seguros y sostenibles.

La estructura del presente trabajo se organiza de la siguiente manera:

En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, junto con la formulación de la hipótesis general y la hipótesis específica que orienta la investigación. Así mismo, se definen las variables de estudio, la metodología empleada para el desarrollo del proyecto y se describe las limitaciones que enmarcan el alcance de la investigación.

En el capítulo II, se presentan los antecedentes de la investigación y se desarrolla el marco teórico y conceptual que sirve de fundamento para abordar y dar sustento a la solución del problema

planteado en el estudio.

En el capítulo III, se hace un análisis de los parámetros de diseño y se muestra el marco normativo a usar para el diseño del sistema de ventilación.

En el capítulo IV, se desarrolla el sistema hidráulico del sistema de inyección y extracción de aire del estacionamiento con su respectiva selección de equipos.

En el capítulo V, se calcula el soporte de los diferentes equipos de ventilación.

En el capítulo VI, se desarrolla las especificaciones técnicas de los materiales y equipos del sistema de ventilación mecánica.

En el capítulo VII, se realiza presupuesto para la ejecución del proyecto.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo del estudio, junto con la bibliografía consultada y anexos que contemplan y respaldan la información empleada en la investigación.

## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| <b>RESUMEN.....</b>   | i   |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | ii  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                   | iii |
| <b>ÍNDICE .....</b>   | v   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                                | ix  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>                               | x   |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>                               | xv  |
| <b>ABREVIATURAS.....</b>                                    | xvi |
| <b>CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL .....</b>                  | 1   |
| 1. INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL .....                 | 1   |
| 1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO .....                                | 1   |
| 1.1.1. DATOS DEL PLANO ESTRUCTURAL DEL ESTACIONAMIENTO..... | 2   |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                       | 3   |
| 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                          | 6   |
| 1.3.1. PROBLEMA GENERAL .....                               | 6   |
| 1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....                          | 6   |
| 1.4. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS .....                       | 6   |
| 1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....                               | 6   |
| 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                           | 6   |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN .....                                    | 7   |
| 1.6. HIPÓTESIS.....   | 7   |
| 1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL .....                              | 7   |
| 1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO .....                           | 7   |
| 1.7. VARIABLE .....   | 8   |
| 1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....                         | 8   |
| 1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....                          | 8   |
| 1.8. METODOLOGIA DEL DISEÑO.....                            | 8   |
| 1.8.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....                    | 8   |
| 1.8.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                          | 9   |
| 1.8.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....                      | 9   |
| 1.8.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....                     | 10  |
| 1.8.5. UNIDAD DE ANÁLISIS .....                             | 11  |
| 1.8.6. POBLACIÓN Y MUESTRA.....                             | 11  |
| 1.8.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....                         | 12  |
| 1.8.8. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....                    | 12  |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.9. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES .....   | 12        |
| <b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>  | <b>13</b> |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....  | 13        |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....   | 13        |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....  | 14        |
| 2.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....                                      | 15        |
| 2.2.1. ECUACIÓN DE BERNOULLI .....  | 15        |
| 2.2.2. PÉRDIDAS DE CARGA EN CONDUCTOS .....                                       | 15        |
| 2.3. BASE CONCEPTUAL .....  | 20        |
| 2.3.1. ESTACIONAMIENTOS .....   | 20        |
| 2.3.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN .....   | 21        |
| 2.3.3. DUCTOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA .....                                       | 29        |
| 2.3.4. EQUIPOS DE VENTILACIÓN .....   | 29        |
| 2.3.5. TABLEROS DE CONTROL.....   | 32        |
| 2.3.6. SIMULACIÓN CFD.....  | 32        |
| 2.3.7. GASES CONTAMINANTES.....   | 33        |
| <b>CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.....</b>                    | <b>36</b> |
| 3. INTRODUCCIÓN .....   | 36        |
| 3.1. ÁREA DEL ESTACIONAMIENTO.....  | 36        |
| 3.2. VOLUMEN.....   | 38        |
| 3.3. CAUDAL.....  | 39        |
| 3.4. TEMPERATURA .....  | 39        |
| 3.5. DENSIDAD DEL AIRE .....  | 39        |
| 3.6. NÚMERO DE VEHICULOS Y TASA DE EMISIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO .....           | 41        |
| 3.7. MARCO NORMATIVO.....   | 41        |
| <b>CAPITULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN .....</b> | <b>44</b> |
| 4. INTRODUCCIÓN .....   | 44        |
| 4.1. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AIRE PARA EL ESTACIONAMIENTO .....                     | 45        |
| 4.2. CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS .....                               | 50        |
| 4.2.1 PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS DE INYECCIÓN.....                                | 51        |
| 4.2.2. PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS DE EXTRACCIÓN.....                              | 72        |
| 4.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN .....                        | 83        |
| 4.3.1. SELECCIÓN DEL VENTILADOR PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN .....                | 84        |
| 4.3.2. SELECCIÓN DEL VENTILADOR PARA EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....                | 86        |
| 4.3.3. SELECCIÓN DE LOS VENTILADORES JET FANS .....                               | 88        |
| 4.3. SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO .....  | 96        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.4. SENSOR DE HUMO.....  | 98         |
| 4.5. SIMULACIÓN CFD.....  | 99         |
| <b>CAPITULO V: DISEÑO MECÁNICO DEL SOPORTE DE LOS EQUIPOS DE VENTILACIÓN.....</b>         | <b>111</b> |
| 5.1. INTRODUCCIÓN .....   | 111        |
| 5.2. CÁLCULO DE SOPORTES PARA LOS DUCTOS .....  | 111        |
| 5.2.1. SOPORTE PARA DUCTOS DE INYECCIÓN .....   | 111        |
| 5.2.2. SOPORTE PARA DUCTOS DE EXTRACCIÓN .....  | 115        |
| 5.3. CÁLCULO DE SOPORTE PARA LOS EQUIPOS JET FANS .....                                   | 117        |
| 5.4. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ANTIVIBRATORIO DE LOS EQUIPOS JET FAN.....                   | 118        |
| 5.5. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ANTIVIBRATORIO DE LOS EQUIPOS DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN..... | 121        |
| <b>CAPITULO VI: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>                | <b>125</b> |
| 6.1. INTRODUCCIÓN .....   | 125        |
| 6.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....  | 125        |
| 6.2.1. DUCTO DE VENTILACIÓN .....   | 125        |
| 6.2.2. SOPORTE DE LOS DUCTOS DE VENILACIÓN .....  | 126        |
| 6.2.3. SOPORTE DE LOS EQUIPOS JET FANS.....   | 128        |
| 6.2.4. SOPORTE ANTIVIBRATORIO DE LOS VENTILADORES JET FAN .....                           | 128        |
| 6.2.5. SOPORTE ANTIVIBRATORIO DE LOS VENTILADORES HELICOIDALES .....                      | 129        |
| 6.2.6. REJILLAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN.....   | 130        |
| 6.2.7. REJILLAS DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN .....   | 131        |
| 6.2.8. JUNTA FLEXIBLE .....   | 132        |
| 6.2.9. VENTILADOR HELICOIDAL.....   | 133        |
| 6.2.10. VENTILADOR JET FANS .....   | 135        |
| 6.2.11. SENsoRES DE MONOXIDO DE CARBONO .....   | 136        |
| 6.2.12. TABLERO DE CONTROL INCLUIDO VARIADOR DE FRECUENCIA .....                          | 137        |
| 6.2.13. MALLA ANTIPÁJARO.....   | 138        |
| 6.2.14. SENSOR DE HUMO.....   | 139        |
| 6.2.15. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS VENTILADORES HELICOIDALES .....                      | 140        |
| 6.2.16. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS JET FANS Y SENsoRES DE CO.                   | 140        |
| 6.2.17. PRUEBA, BALANCEO Y ARRANQUE DEL SISTEMA .....                                     | 141        |
| <b>CAPITULO VII: PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....</b>                                       | <b>142</b> |
| 7. INTRODUCCIÓN .....   | 142        |
| 7.1. COSTO FIJO .....   | 142        |
| 7.2. COSTO VARIABLE .....   | 145        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>149</b> |

|  |     |
|--|-----|
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>            | 151 |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b> | 152 |
| <b>ANEXOS.....</b>                     | 157 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 1</b> Condiciones Ambientales del Distrito de Santiago .....                              | 2   |
| <b>Tabla 2</b> Concentración de CO y efecto en el ser humano.....                                  | 33  |
| <b>Tabla 3</b> Emisiones de Monóxido de Carbono CO previstas en estacionamientos.....              | 41  |
| <b>Tabla 4</b> Tabla comparativa de tasa de ventilación .....                                      | 43  |
| <b>Tabla 5</b> Velocidad máxima recomendada del flujo de aire del ducto principal.....             | 52  |
| <b>Tabla 6</b> Velocidad máxima recomendada del flujo de aire del ducto ramificado.....            | 53  |
| <b>Tabla 7</b> Cálculo de la pérdida de carga en el ducto de inyección de aire. ....               | 60  |
| <b>Tabla 8</b> Velocidades recomendadas en las bocas de salida. ....                               | 61  |
| <b>Tabla 9</b> Pérdida de carga en accesorios del sistema de inyección. ....                       | 71  |
| <b>Tabla 10</b> Pérdidas de carga en el sistema de inyección. ....                                 | 72  |
| <b>Tabla 11</b> Calculo de la pérdida de carga en el ducto del sistema de extracción de aire ..... | 75  |
| <b>Tabla 12</b> Pérdida de carga en accesorios del sistema de extracción. ....                     | 80  |
| <b>Tabla 13</b> Pérdidas de carga en el sistema de extracción. ....                                | 81  |
| <b>Tabla 14</b> Clasificación de ductos .....  | 82  |
| <b>Tabla 15</b> Soportes para ductos del sistema de inyección. ....                                | 115 |
| <b>Tabla 16</b> Soportes para ductos del sistema de extracción. ....                               | 115 |
| <b>Tabla 17</b> Materiales de sujeción de ductos. ....   | 117 |
| <b>Tabla 18</b> Materiales de fijación de Jet fan .....  | 118 |
| <b>Tabla 19</b> Presupuesto del sistema de ventilación del estacionamiento de Huancarо.....        | 143 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> Ubicación Geográfica del Centro Comercial Huancaro – Santiago – Cusco.....   | 1  |
| <b>Figura 2</b> Plano del Estacionamiento Subterráneo del centro comercial de Huancaro. .... | 5  |
| <b>Figura 3</b> Diagrama de procesamiento de datos .....                                     | 10 |
| <b>Figura 4</b> Diagrama de Moody .....  | 17 |
| <b>Figura 5</b> Perdidas de carga en conexiones de ductos.....                               | 18 |
| <b>Figura 6</b> Estacionamiento en la vía publica .....                                      | 20 |
| <b>Figura 7</b> Estacionamiento subterráneo.....   | 21 |
| <b>Figura 8</b> Ventilación natural .....  | 22 |
| <b>Figura 9</b> Sistema de ventilación mecánica.....   | 23 |
| <b>Figura 10</b> Ventilación cruzada .....   | 24 |
| <b>Figura 11</b> Ventilación semicruzada .....   | 24 |
| <b>Figura 12</b> Ventilación por capa.....   | 25 |
| <b>Figura 13</b> Ventilación con presión positiva .....                                      | 26 |
| <b>Figura 14</b> Ventilación con presión negativa .....                                      | 27 |
| <b>Figura 15</b> Ventilación por infiltración .....  | 28 |
| <b>Figura 16</b> Ventilación localizada .....  | 28 |
| <b>Figura 17</b> Ventilador centrífugo .....   | 30 |
| <b>Figura 18</b> Ventilador helicoidal .....   | 31 |
| <b>Figura 19</b> Ventilador Jet Fan Centrífugo .....   | 31 |
| <b>Figura 20</b> Ventilador tuboaxial Jet Fan.....   | 32 |
| <b>Figura 21</b> Estándar de calidad de aire definido por EPA.....                           | 35 |
| <b>Figura 22</b> Sensor de monóxido de carbono .....   | 35 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 23</b> Plano del área del estacionamiento .....   | 36 |
| <b>Figura 24</b> Plano de la altura del estacionamiento .....   | 37 |
| <b>Figura 25</b> Plano de planta con la zonificación del sistema de inyección y extracción. ....                                    | 44 |
| <b>Figura 26</b> Tasa de ventilación en ppm .....   | 47 |
| <b>Figura 27</b> Distribución de las rejillas del sistema de inyección.....   | 51 |
| <b>Figura 28</b> Tabla de fricción para ducto circular A - B.....   | 54 |
| <b>Figura 29</b> Dimensiones equivalentes en un ducto rectangular .....   | 55 |
| <b>Figura 30</b> Pérdida de carga en ductos de aire .....   | 56 |
| <b>Figura 31</b> Cálculo de la pérdida de carga en el tramo A – B mediante el programa DuctSizer en el sistema imperial inglés..... | 58 |
| <b>Figura 32</b> Rejilla de Inyección doble deflexión.....  | 62 |
| <b>Figura 33</b> Dimensionamiento de los ductos de cada tramo en el sistema de inyección. ....                                      | 63 |
| <b>Figura 34</b> Cambio de sección del tramo A-B .....  | 64 |
| <b>Figura 35</b> Coeficiente n de perdida de carga en el tramo A-B .....  | 64 |
| <b>Figura 36</b> Grafica de presión dinámica del aire en función de la velocidad.....   | 65 |
| <b>Figura 37</b> Detalle de codo rectangular.....   | 67 |
| <b>Figura 38</b> Codos rectangulares .....  | 68 |
| <b>Figura 39</b> Codo obtuso tramo I-J. ....  | 69 |
| <b>Figura 40</b> Codo en ángulo obtuso. ....  | 69 |
| <b>Figura 41</b> Distribución de las rejillas de sistema de extracción.....   | 72 |
| <b>Figura 42</b> Rejilla de extracción. ....  | 76 |
| <b>Figura 43</b> Dimensionamiento de los ductos de cada tramo en el sistema de extracción. ....                                     | 77 |
| <b>Figura 44</b> Codos rectos con directrices.....  | 78 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 45</b> Construcción recomendada para ductos de chapa galvanizada .....   | 82  |
| <b>Figura 46</b> Modelo de ventilador helicoidal del sistema de inyección.....     | 84  |
| <b>Figura 47</b> Equipo de ventilación del sistema de inyección en el techo. ....  | 85  |
| <b>Figura 48</b> Modelo de ventilador helicoidal del sistema de extracción .....   | 86  |
| <b>Figura 49</b> Equipo de ventilación del sistema de extracción en el techo. .... | 87  |
| <b>Figura 50</b> Equipo jet fan .....  | 89  |
| <b>Figura 51</b> Ventilador HCT/IMP-L-UNI-50-4T-0.75 .....                         | 92  |
| <b>Figura 52</b> Dimensiones para el posicionamiento de los equipos jet fans. .... | 92  |
| <b>Figura 53</b> Tabla de distancias de los equipos jet fans.....                  | 93  |
| <b>Figura 54</b> Distribución de los equipos jet fans .....                        | 94  |
| <b>Figura 55</b> Distribución de los sensores de monóxido de carbono. ....         | 97  |
| <b>Figura 56</b> Ubicación del sensor de humo.....                                 | 98  |
| <b>Figura 57</b> Modelo 3D del estacionamiento.....                                | 99  |
| <b>Figura 58</b> Ubicación de los ductos y ventiladores .....                      | 100 |
| <b>Figura 59</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=0 minutos .....        | 102 |
| <b>Figura 60</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=1 minuto.....          | 103 |
| <b>Figura 61</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=3 minutos .....        | 104 |
| <b>Figura 62</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=5 minutos .....        | 105 |
| <b>Figura 63</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=7 minutos .....        | 106 |
| <b>Figura 64</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=10 minutos .....       | 107 |
| <b>Figura 65</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=13 minutos .....       | 108 |
| <b>Figura 66</b> Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=15 minutos .....       | 109 |
| <b>Figura 67</b> Contornos de velocidad a una altura de 1.50 m del suelo .....     | 110 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 68</b> Colgadores para ductos rectangulares.....                                     | 112 |
| <b>Figura 69</b> Angulares de acero .....  | 113 |
| <b>Figura 70</b> Representación de los soportes de ductos. ....                                | 114 |
| <b>Figura 71</b> Detalle de colgadores de ductos .....   | 116 |
| <b>Figura 72</b> Soporte de los equipos Jet fan .....  | 117 |
| <b>Figura 73</b> Colgador HS de resorte para el equipo jet fan.....                            | 121 |
| <b>Figura 74</b> Soporte de resorte con encaje para ventilador helicoidal .....                | 124 |
| <b>Figura 75</b> Construcción recomendada para conductos rectangulares de chapa metálica. .... | 125 |
| <b>Figura 76</b> Unión de ductos mediante bridas. ....   | 125 |
| <b>Figura 77</b> Varilla de acero .....  | 126 |
| <b>Figura 78</b> Ángulos de acero. ....  | 127 |
| <b>Figura 79</b> Soporte antivibratorio para los equipos jet fans. ....                        | 129 |
| <b>Figura 80</b> Soporte antivibratorio para los ventiladores helicoidales.....                | 129 |
| <b>Figura 81</b> Modelo de rejilla del sistema de inyección .....                              | 130 |
| <b>Figura 82</b> Modelo de rejilla del sistema de extracción .....                             | 131 |
| <b>Figura 83</b> Junta flexible .....  | 132 |
| <b>Figura 84</b> Ventilador Helicoidal .....   | 134 |
| <b>Figura 85</b> Ventilador Jet fans.....  | 135 |
| <b>Figura 86</b> Sensor de monóxido de carbono .....   | 136 |
| <b>Figura 87</b> Tablero de control .....  | 137 |
| <b>Figura 88</b> Malla antipájaro.....   | 138 |
| <b>Figura 89</b> Sensor de humo .....  | 140 |
| <b>Figura 90</b> Potencia del ventilador helicoidal .....                                      | 146 |

**Figura 91** Potencia del ventilador jet fan ..... 147

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO 01: Matriz de consistencia.....   | 158 |
| ANEXO 02: Operaciones de variables.....   | 159 |
| ANEXO 03: RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones).....                                   | 160 |
| ANEXO 04: ASHRAE (Ventilación para una calidad aceptable del aire interior).....            | 162 |
| ANEXO 05: NFPA (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios).....                    | 163 |
| ANEXO 06: Velocidad del flujo dentro del ducto.....   | 164 |
| ANEXO 07: Tabla para hallar la perdida de carga en ductos de aire.....                      | 165 |
| ANEXO 08: Tabla para dimensionar los ductos.....  | 166 |
| ANEXO 09: Norma UNE- 100166.....  | 167 |
| ANEXO 10: Ficha técnica de las rejillas del sistema de inyección.....                       | 169 |
| ANEXO 11: Ficha técnica de las rejillas del sistema de extracción.....                      | 174 |
| ANEXO 12: Grosor de chapa galvanizada.....  | 179 |
| ANEXO 13: Ficha técnica de los ventiladores para el sistema de inyección y extracción. .... | 180 |
| ANEXO 14: Ficha técnica del equipo ventilador jet fan.....                                  | 183 |
| ANEXO 15: Ficha técnica del sensor de monóxido de carbono. ....                             | 187 |
| ANEXO 16: Junta Flexible.....   | 191 |
| ANEXO 17: Cotización de Tablero de Control.....   | 192 |
| ANEXO 18: Sensor de Humo.....   | 193 |
| ANEXO 19: Planos del sistema de ventilación .....   | 196 |

## ABREVIATURAS

|        |   |
|--------|---|
| A      | Área  |
| h      | Altura  |
| Q      | Caudal de aire  |
| V      | Velocidad   |
| $\rho$ | Densidad del aire   |
| P      | Presión atmosférica   |
| R      | Constante del gas de aire   |
| T      | Temperatura promedio  |
| °C     | Grado Celsius   |
| °K     | Grado kelvin  |
| CO     | Monóxido de Carbono   |
| RNE    | Reglamento nacional de edificaciones  |
| ASHRAE | Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción,<br>Refrigeración y Aire Acondicionado |
| NFPA   | Asociación Nacional de Protección contra Incendios  |
| L      | Litros  |
| min    | Minutos   |
| s      | Segundos  |
| m      | Metro   |
| ppm    | partes por millón   |
| N      | Número de autos   |
| g      | Galones   |
| h      | Hora  |
| E      | Tasa de emisiones de monóxido de carbono  |

|          |  |
|----------|--|
| G        | Tasa de generación de monóxido de carbono  |
| Go       | Tasa máxima de generación de monóxido de carbono                                       |
| f        | Valor normalizado de generación de monóxido de carbono                                 |
| C        | Tasa de ventilación con respecto a los niveles de concentración de monóxido de carbono |
|          | Tiempo total de una operación típica de un auto dentro de un estacionamiento           |
| $\theta$ |  |
| d        | Distancia recorrida dentro del estacionamiento   |
| v        | Velocidad de recorrido   |
| km/h     | Kilómetros por hora  |
| Qo       | Caudal mínimo de aire por unidad de área   |
| Q        | Caudal mínimo de aire en toda el área  |
| ACH      | Renovación por hora de aire  |
| inwc     | Pulgadas de Columna de agua  |
| inca     | Pulgadas de Columna de agua  |
| ft       | Pie  |
| cfm      | Pies cúbicos por minuto  |
| l        | Longitud   |
| in       | Pulgada  |
| "        | Pulgada  |
| Pa       | Pascales   |
| Pt       | Presión total  |
| Pd       | Presión dinámica   |
| n        | Coeficiente de pérdida de carga  |
| D1       | Diámetro mayor   |

|               |   |
|---------------|---|
| D             | Diámetro menor                          |
| A             | Altura de sección                       |
| B             | Base de sección                         |
| R             | Radio interno del codo                  |
| msnm          | Metros sobre el nivel del mar           |
| Vi            | Velocidad inducida                      |
| R             | Número de renovaciones                  |
| F             | Fuerza                                  |
| Spn           | Área a ventilar                         |
| Ld            | Longitud del dardo                      |
| Vo            | Velocidad de salida de aire del jet fan |
| Sv            | Sección del ventilador                  |
| P             | Perímetro de ducto                      |
| Max           | Máximo mitad del perímetro del ducto    |
| lbs           | Libras                                  |
| Kg            | Kilogramo                               |
| $\rho_{galv}$ | Densidad de la plancha galvanizada      |
| e             | Espesor de la plancha galvanizada       |
| Mducto        | Masa del ducto                          |
| $\omega$      | Velocidad angular                       |
| rad           | Radianes                                |
| seg           | Segundos                                |
| F             | Fuerza centrífuga de desbalance         |
| k             | Rigidez del soporte                     |
| S/.           | Soles                                   |

|      |         |
|------|---------|
| \$   | Dólares |
| €    | Euros   |
| glb  | Global  |
| und. | Unidad  |

## CAPÍTULO I:

### MARCO REFERENCIAL

#### 1. INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL

##### 1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El presente tema de investigación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON JET FANS PARA CONTROLAR EL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL ESTACIONAMIENTO DEL CENTRO COMERCIAL HUANCARO - CUSCO - PERU” se desarrollará en el Mercado de Huancaro de la Municipalidad Distrital de Santiago – Provincia de Cusco – Departamento de Cusco (Figura 1).

**Figura 1**

Ubicación Geográfica del Centro Comercial Huancaro – Santiago – Cusco



Nota: La Imagen fue tomada de la página de Google earth en el que muestra la Ubicación geográfica del centro Comercial de Huancaro.

## CONDICIONES AMBIENTALES

**Tabla 1**

Condiciones Ambientales del Distrito de Santiago

| <b>CONDICIONES AMBIENTALES DEL DISTRITO DE SANTIAGO</b> |   |
|---|---|
| <b>Altitud</b>  | 3400 Metros Sobre el Nivel del Mar                                    |
| <b>Latitud</b>  | 13.52° Sur  |
| <b>Longitud</b>   | 71.97° Oeste  |
| <b>Temperatura Mínima Promedio</b>                      | 0°C   |
| <b>Temperatura Máxima Promedio</b>                      | 22°C  |
| <b>Temperatura Promedio</b>                             | 15°C  |
| <b>Humedad Relativa Promedio</b>                        | 58%   |
| <b>Estación Seca</b>                                    | Mayo a Setiembre: cielos despejados con días soleados y noches frías. |
| <b>Estación de Lluvia</b>                               | Octubre a Marzo: lluvias frecuentes con mayor humedad.                |
| <b>Clima</b>  | Con estación seca y lluviosa.   |
| <b>Viento</b>   | Ráfagas moderadas, especialmente por las tardes.                      |
| <b>Radiación Solar</b>                                  | Moderada incidencia de radiación solar directa.                       |

Nota: Fuente (SENAMHI, 2025).

### 1.1.1. DATOS DEL PLANO ESTRUCTURAL DEL ESTACIONAMIENTO

Área: 5 719  $m^2$

Perímetro: tiene un perímetro de 16.4m + 93.8m + 39.5m + 88.9m + 81.4m = 320 m

Altura del estacionamiento: 4.5 m

Volumen: 25 735  $m^3$

Altura de la puerta de ingreso y salida del estacionamiento: 3.5 m

Área del ingreso: 15.17  $m^2$

Área de salida: 13.68  $m^2$

Nota: Cuenta con un solo acceso de ingreso y salida para los vehículos.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estacionamientos presentan un peligro considerable para la salud de las personas debido a su diseño suelen limitar la ventilación natural lo cual agrava la acumulación de gases contaminantes generados por los automóviles en operación como el Dióxido de Nitrógeno, Óxido de Nitrógeno, Dióxido de Carbono, siendo el Monóxido de Carbono (CO) uno de los más peligrosos por su naturaleza incoloro, inodoro y altamente tóxico, se propaga rápidamente en el aire. La exposición prolongada de un personal a este gas puede causar daños severos en los tejidos, dado que este gas, al acumularse en la sangre, sustituye al oxígeno en los glóbulos rojos, obstaculizando de esta manera el transporte y causando una intoxicación.

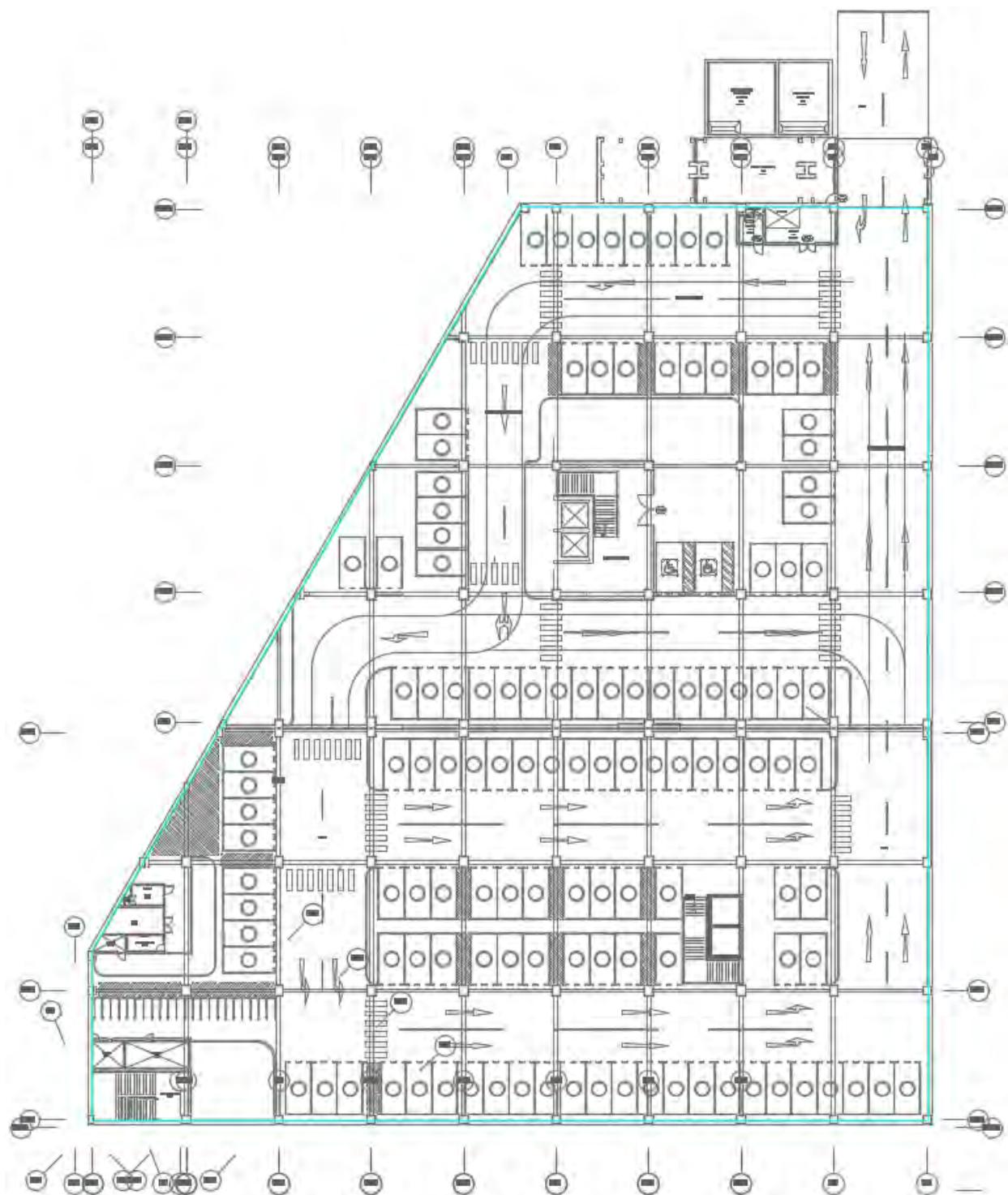
Según el Decreto Supremo N.<sup>o</sup> 003-2017-MINAM, el monóxido de carbono es una impureza del aire altamente perjudicial para las personas, cuyo exceso en ambientes cerrados puede provocar efectos neurológicos, respiratorios e incluso la muerte, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en la NORMA EM.030 indica que la ventilación en sótanos mayores de 1000 m<sup>2</sup> de superficie de piso deben ser permanente y provistas de ventilación mecánica (ventiladores de inyección y ventiladores de extracción) y que produzcan una renovación de aire cada 12 minutos.

En los estacionamientos que excedan de cinco plazas o de 100 m<sup>2</sup> útiles, debe disponerse de un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) que active automáticamente los aspiradores mecánicos cuando se alcance una concentración de 50 ppm en estacionamientos donde se prevea que existan empleados, y de 100 ppm en caso contrario (Ministerio de Vivienda, 2021).

En el proyecto de diseño del estacionamiento subterráneo del centro comercial de Huancaro, tiene un área de 5 719 m<sup>2</sup> y cuenta con un solo acceso para el ingreso y salida de vehículos, es así que este ambiente no cuenta con ventilación natural y por ello se pretende diseñar un sistema de ventilación mecánica con Jet Fans que posibilite una distribución más eficiente del flujo de aire sin necesidad de utilizar ducterias extensas, que garantice la renovación del aire recomendado por el RNE en un escenario de máxima afluencia de vehículos y el control adecuado del Monóxido de Carbono, esto será posible empleando un control mediante sensores de Monóxido de Carbono los cuales estarán ubicados estratégicamente y cumpliendo con su rango de alcance, estos sensores emitirán una señal a los equipos de ventilación una vez superada el mínimo de concentración de monóxido de carbono en el estacionamiento, especialmente en horas de mayor afluencia vehicular. Sin embargo, la implementación de los Jet Fans en estacionamientos no es común en muchas infraestructuras comerciales del país, y existen pocos estudios técnicos aplicados. En este escenario, se presenta la necesidad de elaborar un diseño técnico que contemple un sistema de ventilación mecánica con Jet Fans adaptado a las características particulares del estacionamiento subterráneo del centro comercial de Huancaro.

**Figura 2**

Plano del Estacionamiento Subterráneo del centro comercial de Huancaro.



Nota: Plano elaborado en AutoCAD.

### 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo diseñar el sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento del centro comercial Huancaro-Cusco-Perú?

#### 1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los parámetros de diseño del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento?
- ¿De qué manera desarrollar el cálculo del sistema hidráulico para mantener la concentración de CO menor a 35 ppm con el sistema de ventilación mecánica con jet fans en el estacionamiento?
- ¿De qué manera desarrollar el cálculo del sistema mecánico del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento?
- ¿Cuál es el costo de la implementación del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento?

### 1.4. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

#### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento del centro comercial Huancaro-Cusco-Perú.

#### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los parámetros de diseño del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.
- Desarrollar el cálculo del sistema hidráulico para mantener la concentración menor a 35 ppm con el sistema de ventilación mecánica con jet fans en el estacionamiento.

- Desarrollar el cálculo del sistema mecánico del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.
- Estimar el costo de la implementación del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.

### 1.5. JUSTIFICACIÓN

El presente tema de investigación es esencial para asegurar la protección y la condición del aire en el estacionamiento de Huancaro, el cual tiene un área de 5 719 m<sup>2</sup> y tiene un solo acceso para el ingreso y salida de vehículos.

Los vehículos emiten monóxido de carbono, esta sustancia es extremadamente perjudicial para la salud y representa un riesgo para los usuarios y personal que labora en el interior. En este estudio se llevará a cabo el diseño del sistema de ventilación y se modelará el comportamiento del monóxido de carbono CO mediante CFD simulación computacional para analizar el comportamiento del sistema y el control del monóxido de carbono por debajo de los 35 ppm (ASHRAE, 2022), así como el cumplimiento del reglamento nacional de edificaciones RNE.

Este análisis aportará al saber técnico en la disciplina de la ingeniería mecánica y de ventilación, proporcionando datos útiles para el diseño de sistemas más modernos y normativamente adecuados para estacionamientos subterráneos.

### 1.6. HIPÓTESIS

#### 1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

El diseño del sistema de ventilación mecánica con Jet fans, permitirá el control del monóxido de carbono en el estacionamiento del centro comercial Huancaro-Cusco-Perú.

#### 1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO

- Si se definen los parámetros de diseño mediante el RNE E030, se logrará diseñar el

sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.

- El cálculo del sistema hidráulico y la simulación de dinámica de fluidos computacional del sistema de ventilación mecánica, ayudará a controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento según lo recomienda la norma ASHRAE.
- El cálculo del sistema mecánico del sistema de ventilación mecánica con jet fans, permitirá mitigar riesgos estructurales y garantizar la estabilidad de los ductos.
- Teniendo el costo de cada equipo y material del sistema de ventilación mecánica con jet fans, permitirá establecer el presupuesto requerido para la ejecución del proyecto.

## 1.7. VARIABLE

### 1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Área y Volumen del estacionamiento, Equipos de ventilación, Potencia del equipo, sensores de monóxido de carbono.

### 1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Concentración PPM del monóxido de carbono CO.
- Trayectoria del flujo de aire.
- Distribución de la velocidad de aire.
- Caída de presión.
- Dimensiones de ductos.
- Costo de la instalación.

## 1.8. METODOLOGIA DEL DISEÑO

### 1.8.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

#### ENFOQUE CUANTITATIVO

Este tema de investigación adopta un enfoque cuantitativo ya que trabaja con magnitudes físicas como caudal, pérdidas de presión, monóxido de carbono en ppm, área del estacionamiento, velocidad del fluido y se analizan numéricamente para el diseño del sistema de ventilación en el estacionamiento del centro comercial de Huancaro.

#### **1.8.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **INVESTIGACIÓN APLICADA**

La investigación es aplicada dado que se realiza un diseño de ingeniería y se especifican los detalles, el procedimiento de cálculo del diseño del sistema de ventilación mecánica para el control del monóxido de carbono del estacionamiento en el centro comercial de Huancaro.

#### **1.8.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **EXPLORATORIA**

La investigación es exploratoria porque se busca información en cuanto a normas para el diseño del sistema de ventilación, normativa de concentración de monóxido de carbono aceptable, los antecedentes de la investigación.

##### **DESCRIPTIVA**

La investigación es descriptiva debido a que se describe las características del estacionamiento, la afluencia vehicular, emisiones de monóxido de carbono por vehículo, se describen las normativas que se está siguiendo.

##### **CORRELACIONAL**

La investigación es correlacional porque en la investigación se relacionan variables como la concentración de monóxido de carbono con la tasa de ventilación, la afluencia vehicular con las emisiones generadas, el caudal inducido por los equipos jet fans con el tiempo de dispersión del monóxido de carbono, la ubicación de los equipos con la efectividad de la renovación del aire.

## EXPLICATIVA

La investigación es explicativa ya que en la investigación se describe la acumulación de monóxido de carbono el cual causa efectos en la salud de las personas según al tiempo de exposición, la operación del sistema de ventilación reduce el monóxido de carbono en el estacionamiento.

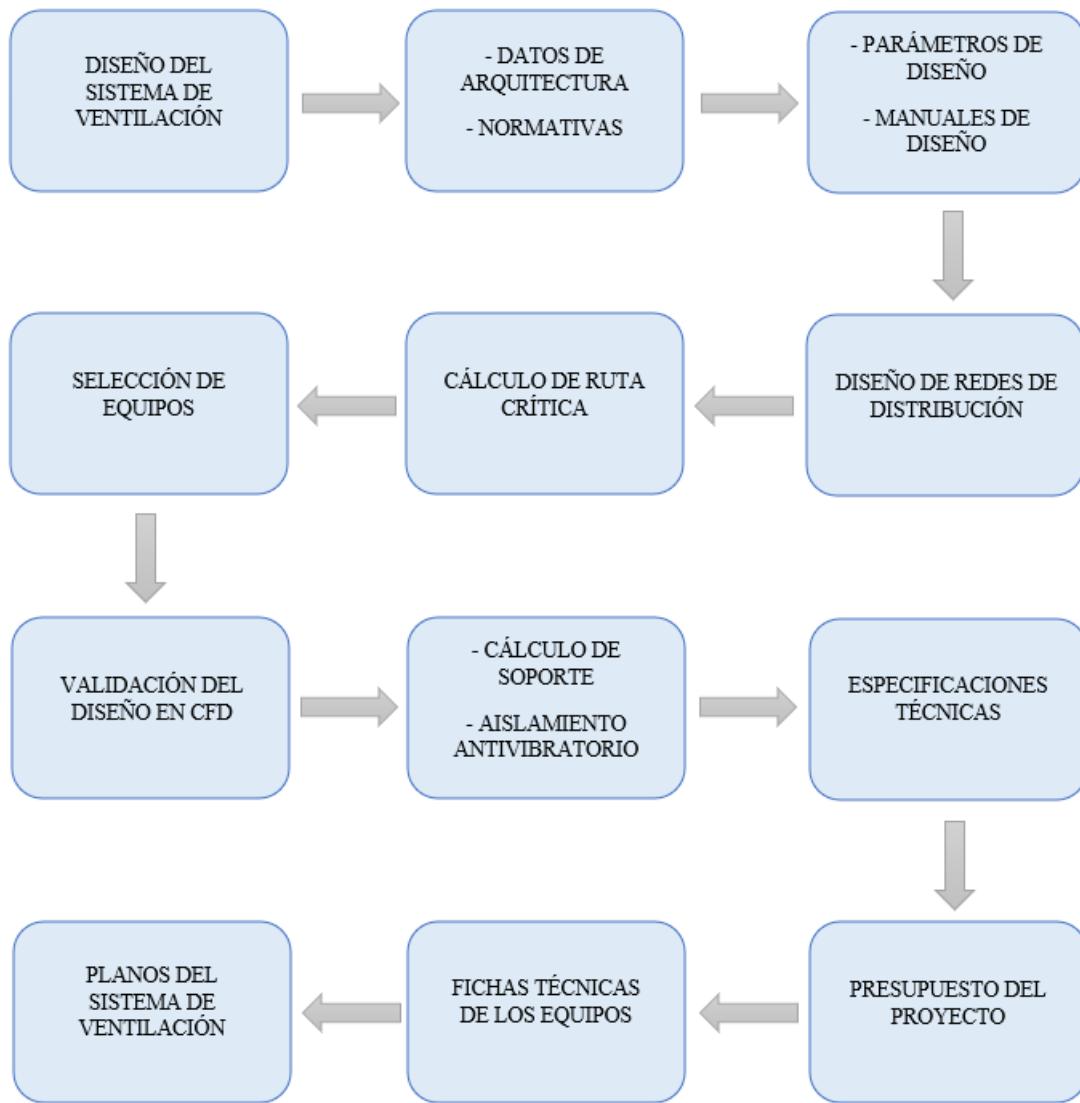
### 1.8.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### NO EXPERIMENTAL

La investigación se planteará de manera no experimental ya que no se manipularán las variables propias del escenario real como el área, volumen, la altura del estacionamiento, sino que se analizan tal como se presentan. El estudio se desarrolla en un momento específico con un análisis CFD para simular la dispersión del monóxido de carbono en presencia de los equipos de ventilación mecánica.

#### Figura 3

Diagrama de procesamiento de datos



Nota: Elaboración propia.

#### 1.8.5. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis es el estacionamiento del centro comercial Huancaro.

#### 1.8.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población es el conjunto de condiciones de operación como pueden ser los diferentes niveles de afluencia de autos, cambios de temperatura ambiental, variación de la concentración de monóxido de carbono en ppm.

La muestra se toma en condiciones de máxima ocupación de vehículos por ende máxima

contaminación de monóxido de carbono condición de operación más desfavorable.

#### 1.8.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se revisan documentos de normas como el ASHRAE, el RNE EM. 030 y la NFPA, tablas de fricción, simulación CFD con el programa Pyrosim el cual se contrató un servicio a la empresa sodeca para la simulación.

#### 1.8.8. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tendrá como fin llegar a analizar los siguientes puntos:

- El diseño hidráulico del sistema de ventilación en el que se desarrollará el cálculo del caudal, el diseño de la distribución de los ductos, de los equipos jet fans, de los sensores de monóxido de carbono, la simulación CFD.
- El diseño mecánico del sistema de ventilación como son los soportes y los aislamientos antivibratorios de los ventiladores helicoidales y jet fans.
- El desarrollo de las especificaciones técnicas de los materiales y equipos a utilizar.
- El presupuesto para la implementación del sistema de ventilación mecánica con jet fans.

#### 1.9. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES

- El diseño se hará en el estacionamiento mas no en las demás oficinas del centro comercial de Huancaro.
- No se desarrollará el sistema de control eléctrico.
- No se desarrollará un análisis rentabilidad por ser financiado por una entidad del estado para fines de servicio público, pero si se hará un presupuesto de instalación del sistema.

## **CAPITULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

a) Según Rahif (2019), en su proyecto de investigación titulada “CFD Assessment of Car Park Ventilation System in Case of Fire Event”, sustentada en la ciudad de Roma.

Indica que el diseño del sistema de climatización, ventilación y calefacción (HVAC) es crucial durante el diseño de edificios para lograr una buena calidad del aire. En el caso de los estacionamientos, aparte de mantener la calidad del aire en condiciones normales, el sistema de ventilación debe funcionar correctamente porque si se da el caso de un incendio, puede causar daños incalculables en el interior y para ello el sistema debe modelarse y analizarse mediante dinámica de fluidos computacional (CFD).

En conclusión, las simulaciones revelaron que el sistema de ventilación con ventiladores a reacción puede restringir la dispersión de humo producido por el incendio de un vehículo.

b) Según Jauregui, Benítez (2022), en su proyecto de investigación titulado “Propuesta de diseño de extractores tipo jet fan para evacuación de humos en aparcamientos”, sustentada en la ciudad de Guayaquil – Ecuador.

El estudio se hizo en el estacionamiento subterráneo de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede de Guayaquil el cual tiene una capacidad de veintitrés vehículos con el objetivo de extraer el monóxido de carbono y estableciendo entradas de aire fresco para proporcionar un entorno apropiado y sin peligro para la salud.

Siguiendo los parámetros de diseño se llegó a la conclusión que si se utilizan los equipos jet fans se puede evacuar el humo, controlar incendios y cumplir conforme a las leyes y normativas

de seguridad.

#### 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

a) Según Carrasco (2021), en su proyecto de investigación titulado “Diseño de un sistema de ventilación mecánica con jet fan para extraer la concentración de gases contaminantes en los estacionamientos del edificio multifamiliar Marbello, magdalena”, sustentada en la ciudad del Callao – Perú.

El objetivo de esta investigación es crear un sistema de ventilación mecánica que pueda reducir los índices de compuestos perjudiciales en los estacionamientos del inmueble multifamiliar, para lo que se empleó la ventilación mecánica con jet fans y se llegó a la conclusión que se puede reducir los contaminantes hasta niveles aceptables si se efectúa la validación del diseño a través de simulación CFD.

b) Granados (2019), en su proyecto de investigación titulado “Diseño de un sistema de ventilación mecánica para mejorar la condición del aire en los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas time, distrito de surco lima”, sustentada en la ciudad del Callao – Perú.

Menciona como objetivo la extracción de gases contaminantes de los siete pisos de aparcamiento subterráneo del inmueble de oficinas para lo cual se utilizó el software Solidworks y se obtuvo siete sistemas diferentes de ventilación con los cuales se logra una extracción adecuada de los gases contaminantes y una correcta extracción de monóxido de carbono, consiguiendo así tener menor de 30ppm, y por ende mejorando la calidad del aire dentro de los siete estacionamientos.

## 2.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.2.1. ECUACIÓN DE BERNOULLI

Para definir la ecuación de Bernoulli, se utilizará el libro de Robert Mott en el que indica que la ecuación de Bernoulli resulta de dividir una expresión de energía entre el peso específico de un elemento de fluido. La ecuación queda de la siguiente forma.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde:

$P_1$  y  $P_2$ : Son presión en el punto 1 y 2.

$\gamma$ : Es el peso específico en este caso del aire.

$V_1$  y  $V_2$ : Son velocidades en el punto 1 y el punto 2.

$g$ : Es la aceleración de la gravedad.

$Z_1$  y  $Z_2$ : Es la altura del flujo en el punto 1 y el punto 2.

Esta ecuación es utilizada cuando no se considera ninguna perdida de presión, pero en la realidad se presentan muchas perdidas de presión como los accesorios, el ventilador o bomba y en el ducto. Sumando las perdidas mencionadas, la ecuación se muestra de la siguiente forma.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A + h_R + h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde:

$h_A$ : Carga que se agrega por la presencia de bomba o ventiladores.

$h_R$ : Carga que se agrega por la presencia de accesorios como codos y más.

$h_L$ : Carga que se agrega por la fricción que se genera dentro del conducto.

### 2.2.2. PÉRDIDAS DE CARGA EN CONDUCTOS

La pérdida de carga en conductos es la oposición al movimiento que se produce dentro de

un conducto debido a las paredes internas, divisiones, ampliaciones, reducciones y desviaciones de los conductos, generan un rozamiento al paso del fluido. Las pérdidas de carga se dividen en dos.

#### 2.2.2.1. PÉRDIDAS DE PRESIÓN PRIMARIA

Las pérdidas de presión primaria son las pérdidas que se producen a lo largo de los tramos rectos de los conductos. Estas pérdidas se calculan mediante la ecuación de Darcy.

- Ecuación de Darcy- Weisbach

Las pérdidas de carga según Robert Mott para el caso del flujo en tuberías y tubos, la fricción es proporcional a la carga de velocidad del fujo y a la relación de la longitud al diámetro del conducto. Esta ecuación se muestra de la siguiente forma.

$$h_L = f \frac{L}{D} x \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

$h_L$ : Carga que se agrega por la fricción que se genera dentro del conducto.

$f$ : Factor de fricción es adimensional.

$L$ : Longitud del conducto.

$V$ : Velocidad promedio del fluido.

$g$ : Es la aceleración de la gravedad.

La ecuación de Darcy vincula el factor de fricción con la velocidad del fluido y las dimensiones del conducto.

- Número de Reynolds

El número de Reynolds  $Re$ , permite determinar si un flujo que se encuentra dentro del conducto es laminar o turbulento. Para lo cual se tiene la siguiente ecuación.

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

Donde:

$\rho$ : Es la densidad del fluido.

$V$ : La velocidad del fluido.

$D$ : El diámetro del conducto.

$\mu$ : La viscosidad del fluido.

Interpretación:

Si  $Re < 2000$  : Se tiene un flujo Laminar.

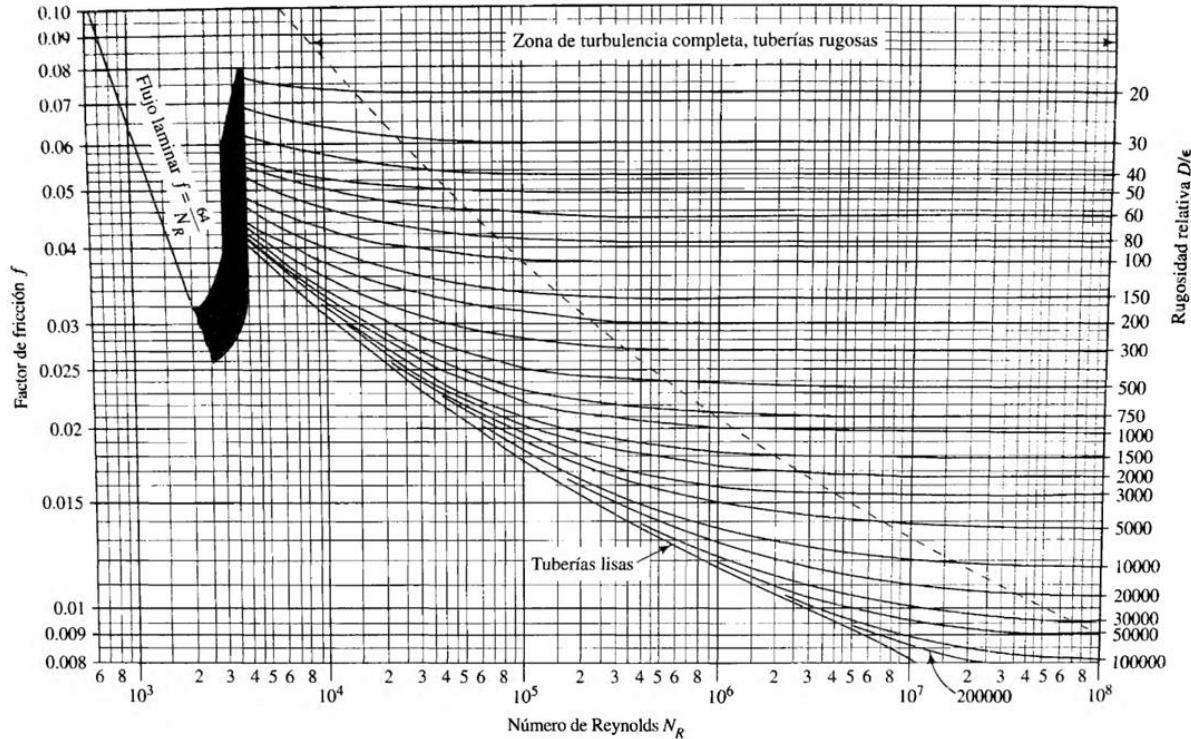
Si  $Re > 2000$  : Se tiene un flujo Turbulento.

- Diagrama de Moody

El diagrama de Moody ayuda a determinar el factor de fricción de forma manual según el régimen del flujo y el material. El diagrama de Moody, relaciona el número de Reynolds con el factor de fricción teniendo en cuenta la rugosidad del conducto. Los resultados de este diagrama son aproximados no tienen una exactitud para cálculos sistemáticos.

#### Figura 4

Diagrama de Moody



Nota: Tomado del libro de Mecánica de Fluidos (L. Mott, 2006).

#### 2.2.2.2. PÉRDIDAS DE PRESIÓN SECUNDARIA

Las perdidas secundarias también llamadas locales, son generadas por cambios de dirección o de sección del flujo, también por elementos que se colocan adicionalmente.

Se calcula mediante el coeficiente  $C$  con la siguiente ecuación.

$$h_R = C * \frac{V^2}{2g}$$

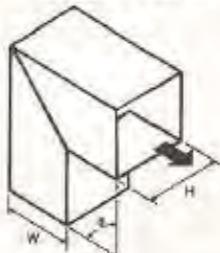
$C$ : Coeficiente de perdida de carga adimensional.

$V$ : Velocidad promedio del fluido.

$g$ : Es la aceleración de la gravedad.

**Figura 5**

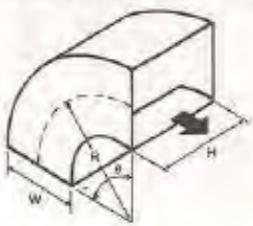
Perdidas de carga en conexiones de ductos

**D. Codo de ángulo, rectangular****Coefficiente C**

| $\theta$ | H/W  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | 0.25 | 0.5  | 0.75 | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 3.0  | 4.0  | 5.0  | 6.0  | 8.0  |
| 20°      | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 30°      | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 |
| 45°      | 0.38 | 0.37 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.31 | 0.28 | 0.27 | 0.26 | 0.25 | 0.24 |
| 60°      | 0.60 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.52 | 0.49 | 0.46 | 0.43 | 0.41 | 0.39 | 0.38 |
| 75°      | 0.89 | 0.87 | 0.84 | 0.81 | 0.77 | 0.73 | 0.67 | 0.63 | 0.61 | 0.58 | 0.57 |
| 90°      | 1.3  | 1.3  | 1.2  | 1.2  | 1.1  | 1.1  | 0.98 | 0.92 | 0.89 | 0.85 | 0.83 |

**E. Codo, rectangular de radio uniforme sin álabes**

Coeficientes para codos de 90° [ver nota]



| R/W  | 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 | 0.18 | 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 |

Nota: Tomado de (McQuiston, 2005).

## 2.3. BASE CONCEPTUAL

### 2.3.1. ESTACIONAMIENTOS

Los estacionamientos son espacios en los que se almacenan vehículos ya sea de forma temporal o prolongada, el diseño puede ser en espacios abiertos o cerrados. En áreas urbanas de gran población, los aparcamientos subterráneos se han vuelto una alternativa eficaz para maximizar el aprovechamiento del terreno situándose por debajo del nivel de la superficie, usualmente en construcciones residenciales, comerciales o de uso público.

#### ESTACIONAMIENTO EN LA VÍA PÚBLICA

Históricamente, los primeros aparcamientos se encontraban en las calles, en el lugar situado próximo a las aceras, frente a los establecimientos comerciales, frente a los edificios de oficinas y a lado de las viviendas. Esto altera significativamente el objetivo de las calles, que es la circulación, y por supuesto, reduce su capacidad, tanto por el espacio destinado al estacionamiento como por los movimientos y operaciones para estacionar.

**Figura 6**

Estacionamiento en la vía publica



Nota: Estacionamiento frente a establecimientos comerciales. Tomado de (Barrera, 2020).

## ESTACIONAMIENTOS SUBTERRÁNEOS

Los estacionamientos subterráneos son estacionamientos que suelen estar bajo edificaciones como aeropuertos, centros comerciales u oficinas de empresas. Considerando que se encuentra en el sótano y no en la superficie, el estacionamiento subterráneo requiere un sistema de ventilación óptimo con numerosos ventiladores y así reducir los gases que emiten los vehículos y optimizar la calidad del aire en el espacio.

**Figura 7**

Estacionamiento subterráneo



Nota: Estacionamiento subterráneo sin sistema de ventilación. Tomado de (El Comercio, 2018)

### 2.3.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN

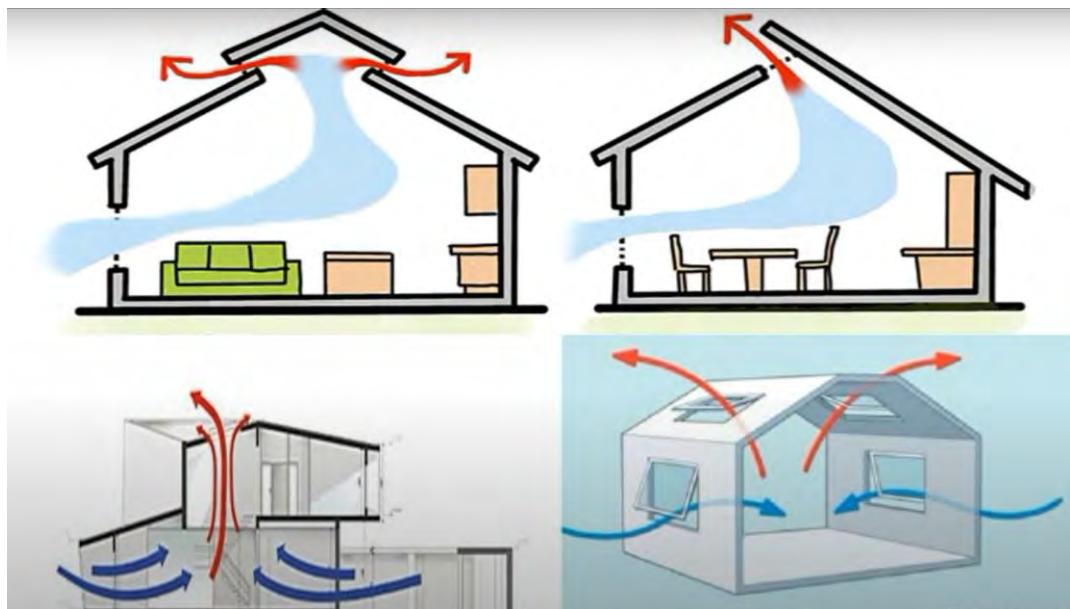
Los sistemas de ventilación son un componente esencial en la construcción de viviendas, edificios y espacios confinados, asegura la sustitución constante de aire contaminado por aire fresco proveniente del exterior.

### 2.3.2.1. VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural es la más común en las casas y se sustenta en el flujo del aire mediante fluctuaciones en la presión, temperatura o viento exterior. Necesita aperturas cruzadas (rejillas, puertas o ventanas) y resulta beneficioso en construcciones abiertas o semiabiertas.

**Figura 8**

Ventilación natural



Nota: Ventilación natural en viviendas. Fuente (Solar Zasa, 2023)

### 2.3.2.2. VENTILACIÓN MECÁNICA

La ventilación mecánica utiliza equipos de ventilación y extracción conectados a una red de ductos para suministrar y expulsar el aire. La distribución del aire puede ser uniforme, sin embargo, necesita espacio extra para conductos y rejillas. Su finalidad es brindar comodidad y una calidad de aire interior suficientemente buena.

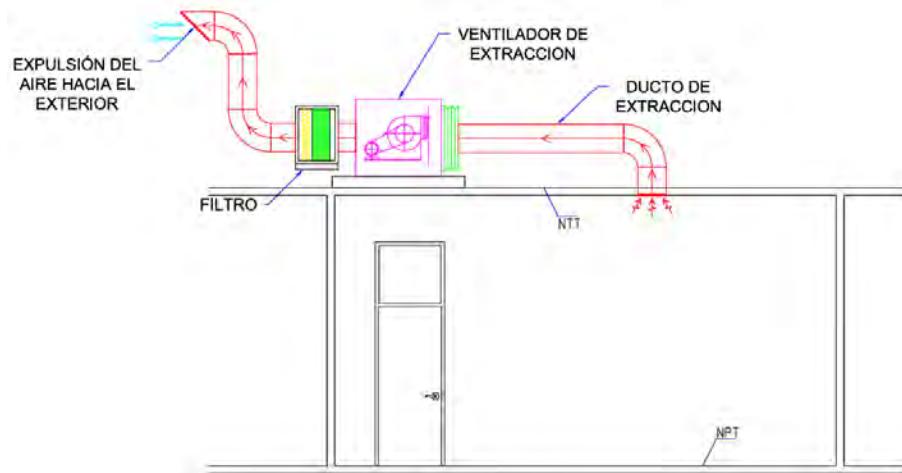
Según la Norma Técnica de Salud N°113-MINSA/DGIEM-V01, define que “se entiende por ventilación mecánica al procedimiento controlado de renovación de aire en ambientes que no

cuenten con ventilación natural y/o posean deficiencias de ventilación, mediante empleo de elementos y dispositivos electromecánicos” (Ministerio de Salud, 2015, 27 de enero, pág. 36).

Entonces se puede decir que el sistema de ventilación mecánica es un sistema que se controla eléctricamente para evacuar el aire estático dentro de un espacio y así tener un ambiente saludable.

**Figura 9**

Sistema de ventilación mecánica



Nota: Esquema de principio. Elaborado en AutoCAD.

#### TIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

- VENTILACIÓN CRUZADA

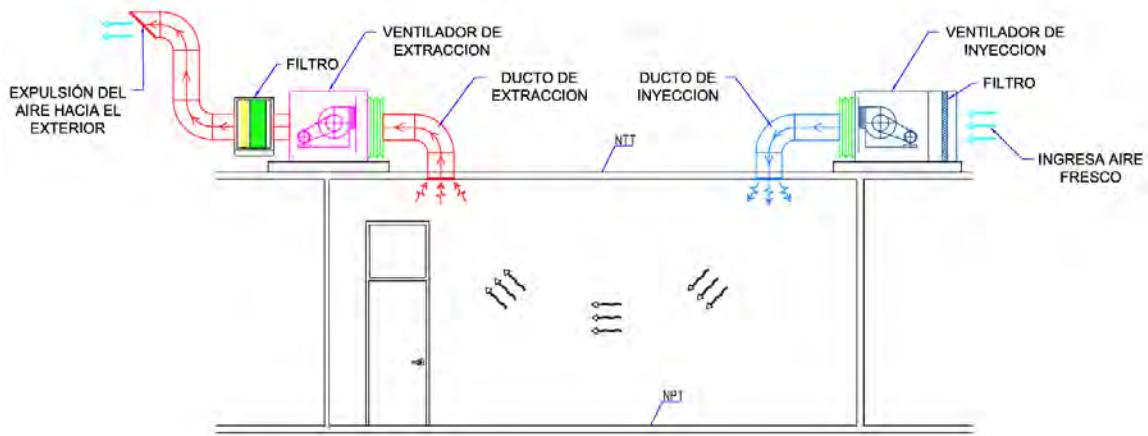
La ventilación cruzada también llamada de doble flujo, es un tipo de ventilación que ocurre cuando el aire entra a un espacio por una abertura (ventana, puerta o rejilla), y luego sale por otra abertura en el lado opuesto o en una pared diferente, produciendo un flujo constante de renovación de aire.

En la siguiente figura se observa un sistema de ventilación cruzada en el que se utilizan dos equipos de ventilación, un equipo de inyección la cual mediante un ducto inyectan el aire del

exterior hacia el ambiente y un equipo de extracción el cual evaca el aire hacia el exterior, las rejillas están instaladas en lados contrarios para hacer un barrido del aire.

**Figura 10**

Ventilación cruzada



Nota: Esquema ventilación cruzada. Elaborado en AutoCAD.

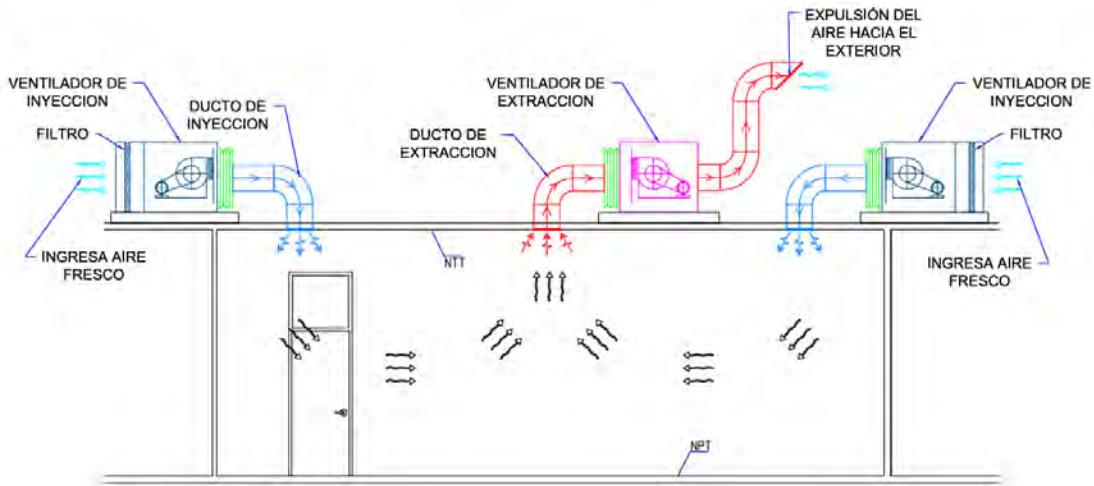
- VENTILACIÓN SEMICRUZADA

La ventilación semicruzada es un sistema de intercambio de aire en el que las aberturas de entrada y salida de aire no están directamente opuestas (como en la ventilación cruzada), sino que se encuentran situadas en paredes cercanas, lo que ocasiona un flujo parcial dentro de la habitación.

En la figura 5 se tiene un esquema en el que se muestra dos rejillas de inyección a los extremos y una rejilla de extracción por el centro del recinto, dando lugar a que la corriente de aire ingrese por los extremos y se extraiga por el centro.

**Figura 11**

Ventilación semicruzada



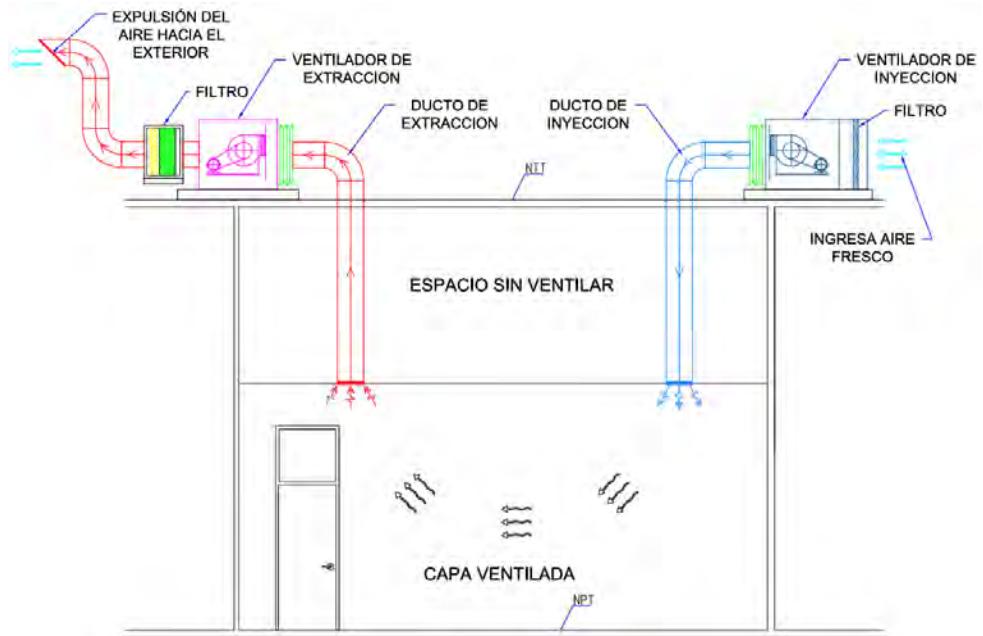
Nota: Esquema de ventilación semicruzada. Elaborado en AutoCAD.

- VENTILACIÓN POR CAPA

La ventilación por capa se utiliza en ambientes que tienen alturas grandes, en el que no hay necesidad de evacuar todo el volumen del ambiente y por lo tanto se genera una capa para delimitar el ambiente con la altura necesaria a ventilar.

**Figura 12**

Ventilación por capa



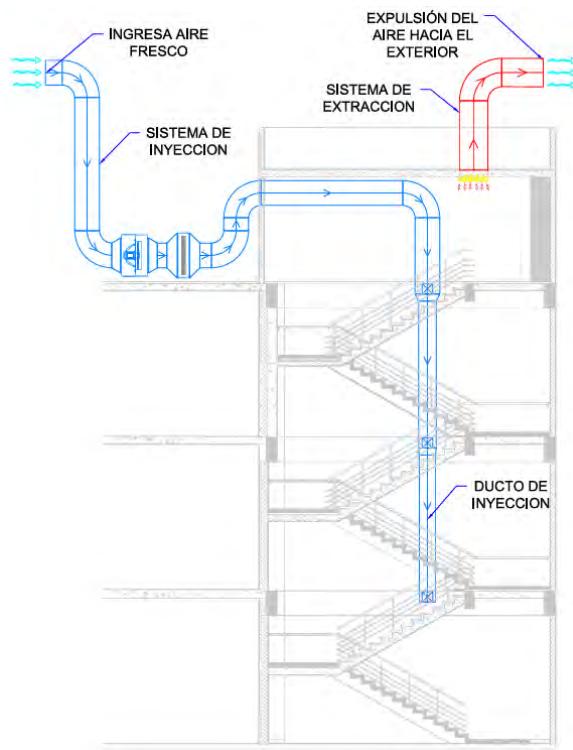
Nota: Esquema de ventilación por capa. Elaborado en AutoCAD.

- VENTILACIÓN CON PRESIÓN POSITIVA

En este tipo de ventilación tiene doble flujo pero no del mismo caudal numéricamente, sino que el caudal del sistema de inyección es mayor al caudal del sistema de extracción, este tipo de ventilación es muy utilizado en ambientes como salas de operación, sala de partos, sala de procedimientos, salas de radiografía, farmacias, ambientes protegidos y sobre todo en presurización de escaleras debido a que la presión positiva garantiza una inyección de aire sin retorno y en el caso de incendios cuando una persona abre una puerta, el fuego no es capaz de ingresar a la escalera de evacuación.

**Figura 13**

Ventilación con presión positiva



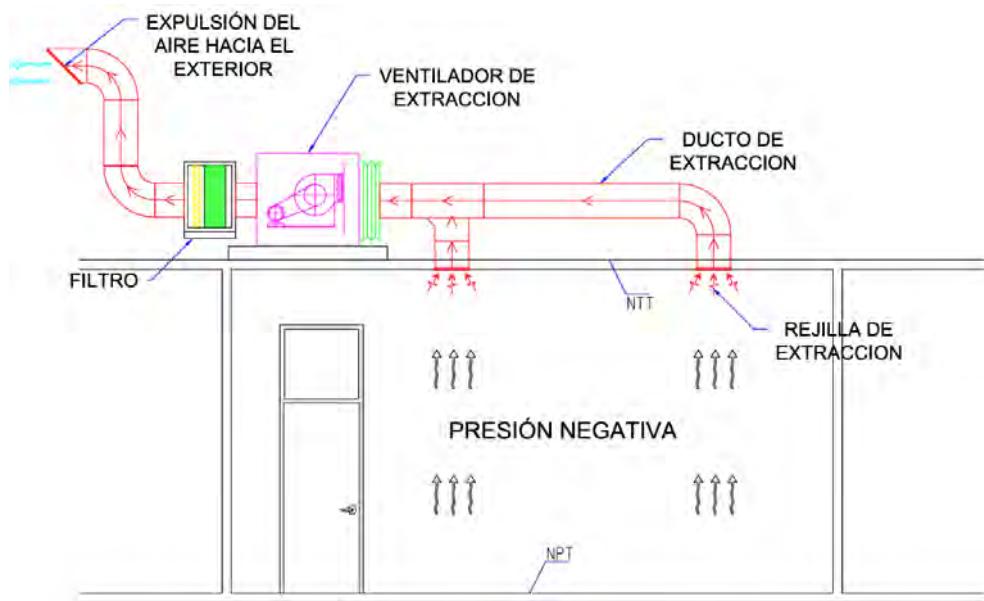
Nota: Esquema de ventilación con presión positiva. Elaborado en AutoCAD.

- VENTILACIÓN CON PRESIÓN NEGATIVA

Este tipo de ventilación también es de doble flujo pero el caudal del sistema de extracción es mayor que el caudal del sistema de inyección, este tipo de ventilación es muy utilizado para ambientes como salas de autopsias, recolección de esputo, todo tipo de laboratorios, almacenes de materiales peligrosos, almacén de residuos sólidos, cuartos de baños, centros de control de TBC, dado que en estos ambientes existen olores, partículas e incluso virus contagiosos los cuales no pueden salir a ambientes contiguos. La ventilación con presión negativa garantiza que el aire viciado sea extraído únicamente por el ducto para que posteriormente pase por un filtro y expulsarse al exterior como aire limpio.

**Figura 14**

Ventilación con presión negativa



Nota: Esquema de ventilación con presión negativa. Elaborado en AutoCAD.

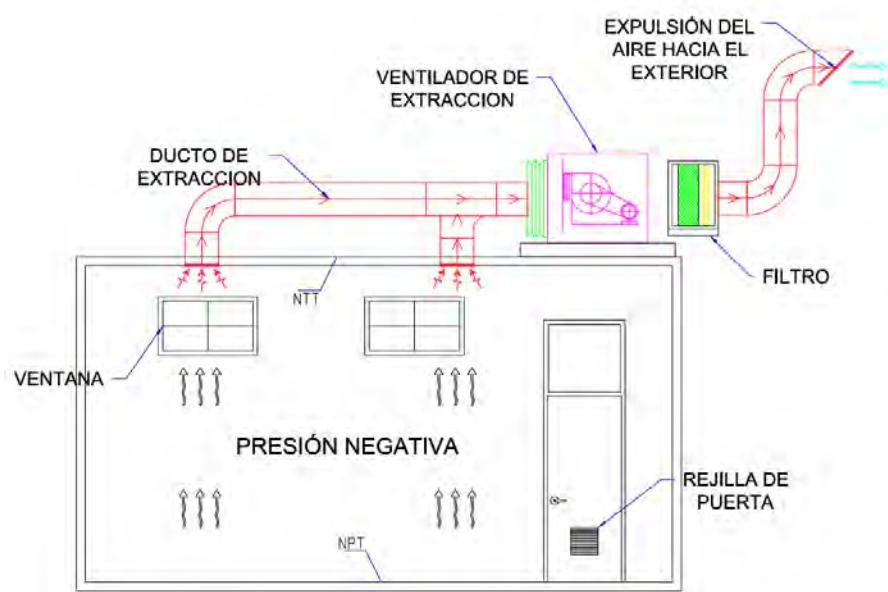
- VENTILACIÓN POR INFILTRACIÓN

La ventilación por infiltración es el intercambio de aire que se realiza entre el interior de

un edificio y el exterior a través de ventanas, puertas o rejillas en las puertas. La presión negativa que se genera hace que el aire del exterior ingrese al ambiente de forma natural. Es utilizado en baños, almacenes.

**Figura 15**

Ventilación por infiltración



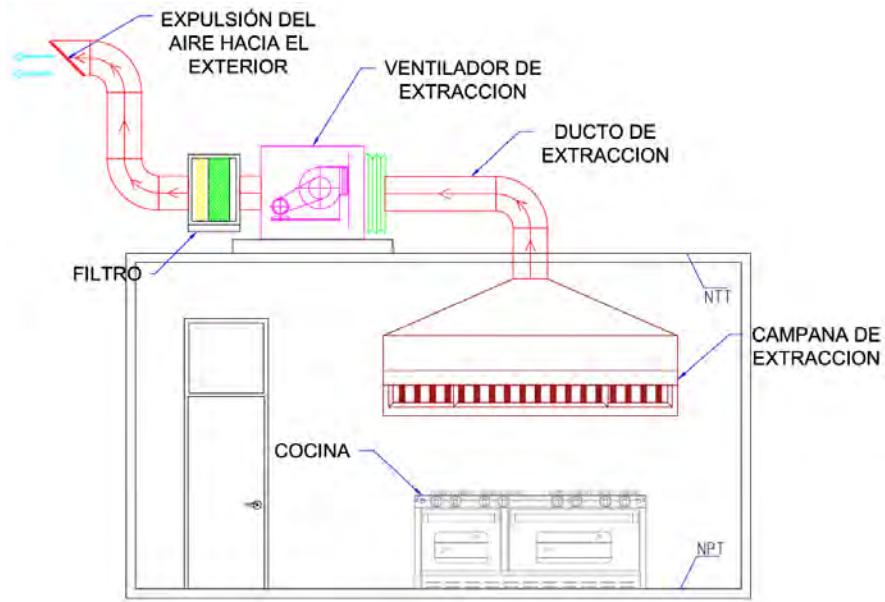
Nota: Esquema de ventilación por infiltración. Elaborado en AutoCAD.

- VENTILACIÓN LOCALIZADA

La ventilación por extracción localizada es una forma de control ambiental en la que la captación, extracción o introducción del aire se genera en el origen de emisión de contaminantes de aire, calor, vapor, gases, humos o partículas en suspensión en el aire evitando así la dispersión de estos contaminantes y la exposición de los ocupantes del local.

**Figura 16**

Ventilación localizada



Nota: Esquema del sistema de ventilación localizada. Elaborado en AutoCAD.

### 2.3.3. DUCTOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

Los conductos de ventilación son tuberías de metal que llevan aire limpio dentro de un lugar, facilitando su recirculación o renovación. Son esenciales en sistemas de climatización, ventilación mecánica y manejo de contaminantes en lugares cerrados.

- Ductos rectangulares
- Ductos circulares

### 2.3.4. EQUIPOS DE VENTILACIÓN

#### VENTILADOR

Un ventilador es una máquina hidráulica creada con el propósito de impulsar fluidos que son compresibles, en este caso el aire. El ventilador tiene rodete con alabes que gira dentro de una carcasa, lo cual genera movimiento en el fluido.

Según el catálogo técnico sobre ventiladores define que “Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Podemos definirlo como una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire”

(Escoda S.A., Salvador, 2023).

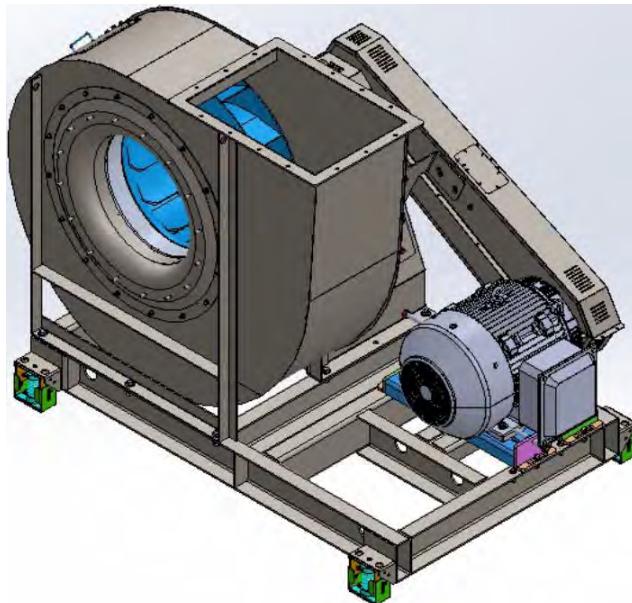
## TIPOS DE VENTILADORES

### VENTILADOR CENTRIFUGO

En el ventilador centrífugo, el fluido ingresa por la abertura de succión, este flujo es acelerado por el rodeté y luego se desvía para salir radialmente hacia el difusor, donde la mayor parte de su energía cinética se transforma en presión. En la práctica: toma aire, lo hace girar y este giro se convierte en presión útil para impulsar el caudal mediante compuertas, ductos, filtros y demás.

**Figura 17**

Ventilador centrífugo



Nota: Tomado de (Soler & Palau, 2024)

### VENTILADOR HELICOIDAL

En el ventilador helicoidal, desplaza el aire de manera paralela al eje del rotor, lo que implica que el flujo de aire ingresa y sale en la misma dirección a lo largo de la línea recta. Es el

tipo de ventilador más frecuente que se utiliza para descargar grandes cantidades de flujo y a baja presión.

**Figura 18**

Ventilador helicoidal



Nota: Tomado de (SODECA, s.f.).

#### VENTILADOR JET FANS

Los ventiladores Jet Fans son también llamados como ventiladores de chorro. Son ventiladores que no toman ni expulsan aire al exterior, son equipos que absorbe el aire que está en el interior del ambiente y lo reimpulsa hacia delante mediante el principio de empuje. Se utiliza en túneles, parqueos, estacionamientos subterráneos y grandes espacios cerrados, debido a que pueden mover grandes volúmenes de aire.

Los ventiladores centrífugos jet fans soportan hasta 400°C por 2 horas. Se aplica para extracción de contaminantes, disipación de humo, estacionamientos, túneles de acceso, extracción de humo en emergencia.

**Figura 19**

Ventilador Jet Fan Centrífugo

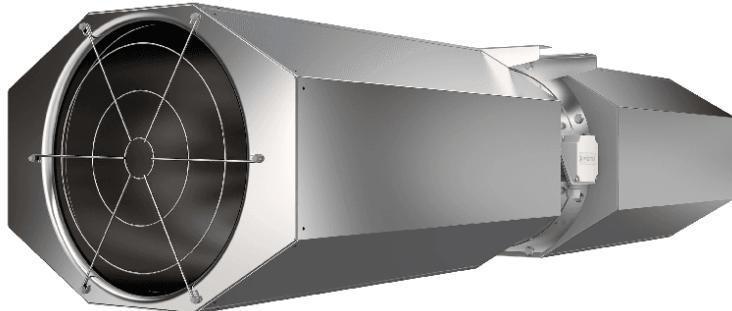


Nota: Tomado de (Soler&Palau, 2020)

Los ventiladores tuboaxiales soportan hasta 400°C por 2 horas. Se aplica en túneles de acceso, estacionamientos, recintos subterráneos.

**Figura 20**

Ventilador tuboaxial Jet Fan



Nota: Tomado de (Soler&Palau, 2020)

### 2.3.5. TABLEROS DE CONTROL

Los tableros eléctricos, también denominados cuadros eléctricos de control, son elementos fundamentales que se crearon con el objetivo de supervisar, controlar y distribuir la energía eléctrica. Es posible hallar tableros de poliéster, metálicos, inoxidables, entre otros.

### 2.3.6. SIMULACIÓN CFD

La simulación CFD (Computational Fluid Dynamics o Dinámica de Fluidos Computacional). Es un método en el que podemos ver el comportamiento de gases, líquidos en

cuanto a su velocidad, presión y turbulencia.

Según la Asociación Argentina de Mecánica Computacional indica que la simulación CFD es eficaz para evaluar y optimizar la ventilación antes de cambios reales, reduciendo costos y mejorando la calidad. (Aguilar Ferraro, 2024).

Existen software para la simulación computacional como el PyroSim, que es el más comercial para sistemas de ventilación en estacionamientos, se tiene el Autodesk CFD que también es comercial y se puede hacer una integración con BIM, ANSYS Fluent, OpenFOAM, SimScale.

#### 2.3.7. GASES CONTAMINANTES

El monóxido de carbono (CO) es un gas imperceptible (sin color ni olor) que simultáneamente actúa como un asesino invisible, se produce a través de la ignición parcial de combustibles como la gasolina, el gas, el carbón, el aceite, la madera y el petróleo. Así pues, son las acciones diarias de nuestra vida, tales como el funcionamiento de motores de automóviles, hornos, chimeneas, generadores y cualquier otro dispositivo que quema combustibles. Esto provoca la generación de humos tóxicos, además de incendios, si hay fuentes de calor en contacto con el monóxido de carbono.

El impacto de la exposición al monóxido de carbono puede resultar desolador para la salud. Los primeros síntomas pueden asemejarse a los de la gripe: cefalea, vértigo, cansancio y náuseas. No obstante, cuando el nivel de monóxido de carbono se incrementa, puede generar inestabilidad, reducción de la conciencia y aún la muerte. Es crucial identificar estos síntomas y proceder con rapidez si se presume una fuga.

Según el Artículo Científico realizado en México, se puede observar los efectos que causa las diferentes concentraciones de Monóxido de Carbono.

#### Tabla 2

Concentración de CO y efecto en el ser humano

| <b>CONCENTRACIÓN<br/>DE CO (ppm)</b> | <b>EFFECTO</b>   |
|--------------------------------------|--|
| 50                                   | Nivel de exposición admisible durante 8 horas.   |
| 200                                  | Dolor de cabeza moderado después de 2 horas.   |
| 400                                  | Dolor de cabeza y náuseas después de 1 o 2 horas.  |
| 800                                  | Dolor de cabeza, mareos y náuseas después de 45 minutos.<br>Descompensación y riesgo de muerte después de 2 horas.         |
| 1600                                 | Dolor de cabeza, mareos y náuseas después de 20 minutos.<br>Descompensación y riesgo de muerte después de 1 hora.          |
| 3200                                 | Dolor de cabeza y mareos después de 5 a 10 minutos.<br>Pérdida de conciencia y riesgo de muerte después de 30 minutos.     |
| 6400                                 | Dolor de cabeza y mareos después de 1 a 2 minutos.<br>Pérdida de conciencia y riesgo de muerte después de 10 a 15 minutos. |
| 12800                                | Efectos inmediatos, pérdida de conciencia. Riesgo de muerte después de 1 a 3 minutos.                                      |

Nota: Esta tabla muestra de qué manera afecta el Monóxido de Carbono en la salud del ser humano. Recopilado de (UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA AZCAPOTZALCO, Cd. de Mexico, 2017).

Según la agencia de protección ambiental (EPA), indica que en un recinto cerrado la concentración de Monóxido de Carbono debe ser menor a 35 ppm en un periodo de 1 hora para

que se considere como calidad de aire (ASHRAE, 2007, p. 07).

### Figura 21

Estándar de calidad de aire definido por EPA.

**TABLA 4-1 Estándar de calidad de aire primario ambiental nacional definido as por la agencia de protección ambiental (EPA) de los Estados Unidos**

| Contaminante         | Largo plazo            |       | Corto plazo            |                  |   |  |
|----------------------|------------------------|-------|------------------------|------------------|---|--|
|                      | Concentración Promedio |       | Concentración Promedio |                  |   |  |
|                      | µg/m <sup>3</sup>      | ppm   | µg/m <sup>3</sup>      | ppm              |   |  |
| Dióxido de azufre    | 80                     | 0.03  | 1 año <sup>b</sup>     | 365              | 0.14  |  |
| Partículas (PM 10)   | 50                     | —     | 1 año <sup>b,g</sup>   | 150              | —   |  |
| Partículas (PM 2.5)  | 15                     | —     | 1 año <sup>b,c</sup>   | 65               | —   |  |
| Monóxido de carbono  |                        |       |                        | 40,000<br>10,000 | 35<br>9                                     |  |
| Oxidantes (ozono)    |                        |       |                        |                  | 1 hora <sup>a</sup><br>8 horas <sup>a</sup> |  |
| Dióxido de Nitrógeno | 100                    | 0.053 | 1 año <sup>b</sup>     |                  | 0.08  |  |
| Plomo                | 1.5                    | —     | 3 meses <sup>d</sup>   |                  | 0.12  |  |

Nota: Figura tomada de (ASHRAE, 2007).

#### 2.3.7.1. SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

El detector de monóxido de carbono es un dispositivo desarrollado para detectar y medir la presencia del monóxido de carbono en el entorno. En los sistemas de ventilación mecánica, los sensores de monóxido de carbono se utilizan para detectar los niveles de gas tóxico y activarse automáticamente los ventiladores cuando los niveles de concentración exceden los límites autorizados.

### Figura 22

Sensor de monóxido de carbono



Nota: Sensor de monóxido de carbono, tomado de (Metrologia e Instrumentación).

## CAPITULO III:

### ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO

#### 3. INTRODUCCIÓN

En el diseño del sistema de ventilación mecánica con jet fans se requiere identificar las características físicas del estacionamiento, las condiciones ambientales para garantizar una adecuada calidad de aire. Para ello, se consideran variables como el área, volumen, caudal, temperatura y densidad del aire donde se implementará el sistema. Estas variables permitirán dimensionar adecuadamente los equipos, evaluar el comportamiento del flujo de aire y estimar la concentración y dispersión del monóxido de carbono, los cuales establecen los niveles de ventilación y concentraciones máximas de monóxido de carbono permitidas, garantizando que la solución propuesta responda adecuadamente a las necesidades de ventilación y control de contaminantes del proyecto.

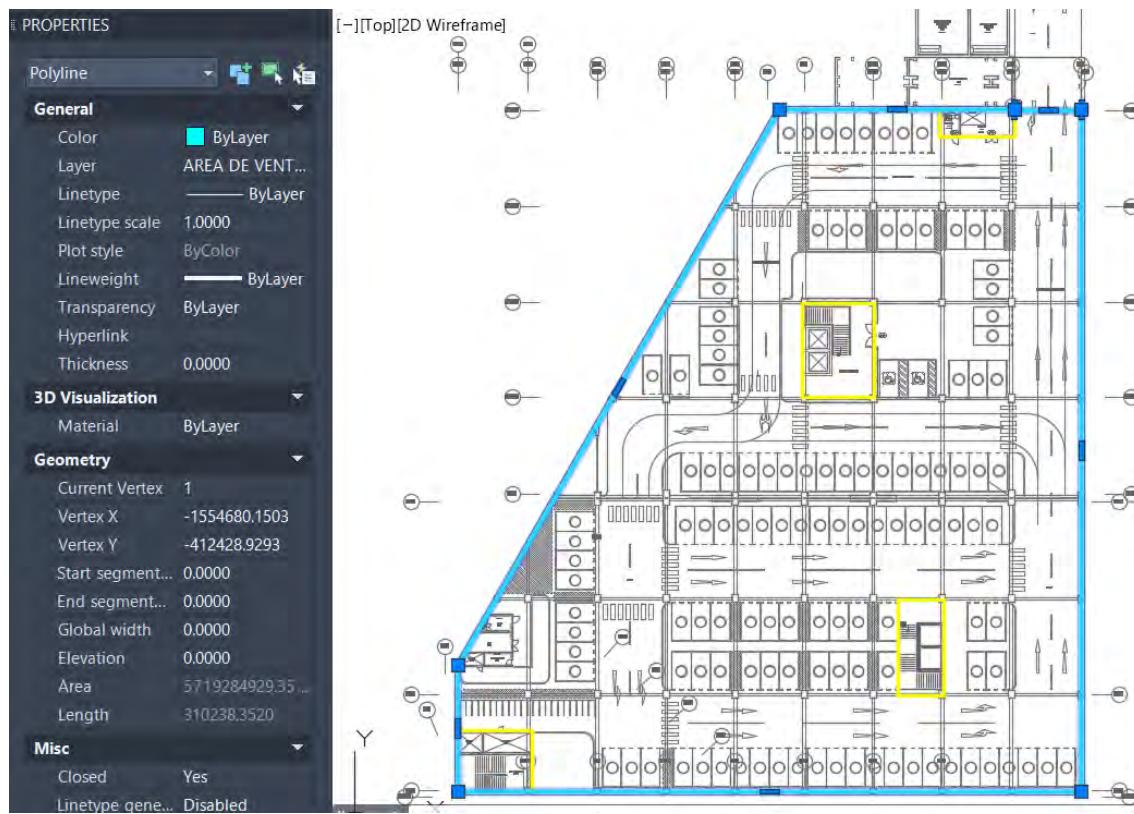
Asimismo, el proyecto se sustenta en las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma ASHRAE y la NFPA.

#### 3.1. ÁREA DEL ESTACIONAMIENTO

Para diseñar un sistema de ventilación mecánica con jet fan, es esencial conocer el área del estacionamiento considerando exclusivamente las zonas de parqueo y las vías de circulación de vehículos. Según el plano, se tiene un área y una altura del estacionamiento de:

**Figura 23**

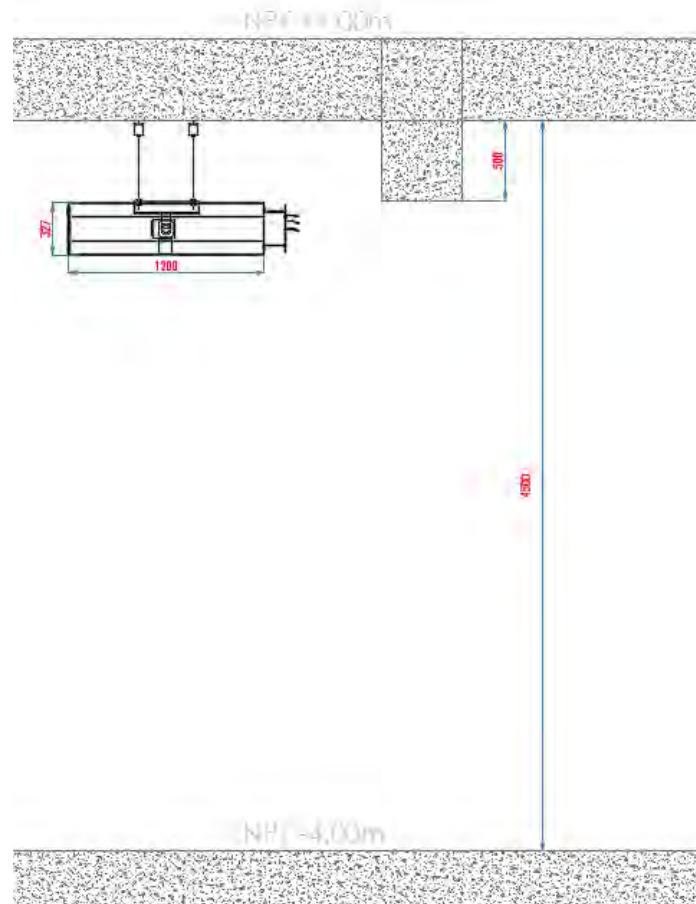
Plano del área del estacionamiento



Nota: Plano de planta del sótano. Tomado de los planos de arquitectura en AutoCAD.

**Figura 24**

Plano de la altura del estacionamiento



Nota: Plano de planta del sótano. Tomado de los planos de arquitectura en AutoCAD.

$$\text{Área} = A = 5\,719\,m^2$$

$$\text{Altura} = h = 4.5\,m$$

### 3.2. VOLUMEN

También es importante saber el volumen del espacio de estacionamientos. Esto se debe a que se requiere saber cuántos metros cúbicos de aire están ocupados en los espacios de estacionamiento, teniendo en cuenta las áreas de circulación vehicular y las zonas de aparcamiento como rampas y accesos.

$$V = \text{Área} * \text{Altura}$$

$$V = 5\,719\,m^2 * 4.5\,m$$

$$V = 25\ 735.5\ m^3$$

### 3.3. CAUDAL

El caudal es otro de los parámetros importantes del cálculo de la ventilación en estacionamientos. El caudal es el volumen del fluido por unidad de tiempo que circula en el estacionamiento.

$$Q = V \times A$$

Donde:

$Q$ : Caudal ( $m^3/h$ ,  $L/s$ ,  $CFM$ ,  $m^3/seg$ ).

$V$ : Velocidad media del fluido ( $m/s$  o  $FPM$ ).

$A$ : Área de la sección ( $m^2$  o  $ft^2$ ).

El caudal será determinado posteriormente aplicando los criterios establecidos en la norma ASHRAE, la NFPA 88A y el Reglamento Nacional de Edificaciones, con el fin de asegurar que el sistema opere bajo las condiciones exigidas para instalaciones de ventilación mecánica. La utilización de estas referencias normativas garantiza que el diseño cumpla con los requisitos de seguridad, eficiencia y control de contaminantes, particularmente en entornos donde la ventilación natural resulta insuficiente.

### 3.4. TEMPERATURA

La temperatura promedio a la que se encuentra el distrito de Santiago – Cusco, lugar donde se construirá el proyecto es de  $T = 15^\circ C$ . Temperatura. Fuente (SENAMHI, 2025).

### 3.5. DENSIDAD DEL AIRE

La densidad del aire es la masa por unidad de volumen. La densidad es una variable que varía según a la ubicación que se tiene sobre el nivel del mar, depende de la presión atmosférica.

$$\rho = \frac{P}{R * T}$$

Datos:

$\rho$ : Densidad del aire

$P$ : Presión atmosférica

$R$ : Constante del gas de aire  $R = 287 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}$

$T$ : Temperatura promedio  $T = 15^{\circ}\text{C} = 288.15 \text{ }^{\circ}\text{K}$

En vista de que la densidad depende de la presión atmosférica, se debe calcular el valor de la presión atmosférica en cusco. Para este dato se usará la siguiente ecuación matemática.

$$P = P_o * e^{\frac{-g*h}{R*T}}$$

Datos:

$P$ : Presión atmosférica.

$P_o$ : Presión a nivel del mar 101325 Pa.

$g$ : Aceleración gravitatoria  $g = 9.81 \text{ m/s}$

$h$ : Altitud  $h = 3400 \text{ msnm}$

$R$ : Constante del gas de aire  $R = 287 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}$

$T$ : Temperatura promedio  $T = 15^{\circ}\text{C} = 288.15 \text{ }^{\circ}\text{K}$

Sustituimos en la ecuación:

$$P = 101\,325 * e^{\frac{-9.81*3400}{287*288.15}}$$

$$P = 67\,695 \text{ Pa}$$

En la ciudad de Cusco se tiene una presión atmosférica de 67 695 Pa. Para hallar el valor de la densidad se remplazarán los valores en la ecuación de la densidad.

$$\rho = \frac{P}{R * T}$$

$$\rho = \frac{67\,695}{287 * 288.15}$$

$$\rho = 0.81 \frac{kg}{m^3}$$

### 3.6. NÚMERO DE VEHICULOS Y TASA DE EMISIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO

El estacionamiento tiene una capacidad para 124 vehículos estacionados.

La tasa de emisión de Monóxido de carbono (CO) dentro de un estacionamiento es el siguiente:

**Tabla 3**

Emisiones de Monóxido de Carbono CO previstas en estacionamientos

| <b>TASA DE EMISIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO</b> |                                 |             |                             |             |
|---|---------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
|   | <b>Emisión Caliente (g/min)</b> |             | <b>Emisión Fría (g/min)</b> |             |
| <b>TEMPORADA</b>                              | <b>1991</b>                     | <b>1996</b> | <b>1991</b>                 | <b>1996</b> |
| Verano 32°C                                   | 2.54                            | 1.89        | 4.27                        | 3.66        |
| Invierno 0°C                                  | 3.61                            | 3.38        | 20.74                       | 18.96       |

Nota: Recopilado de (ASHRAE Handbook, p.67, 2019).

### 3.7. MARCO NORMATIVO

El marco normativo en el que se basa la presente investigación es el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), en la norma EM.030, esta norma está dedicada a las Instalaciones de Ventilación. Esta norma nos indica que:

La ventilación de estacionamiento en sótanos, deberá ser permanente debido a que el estacionamiento cuenta con un área mayor de  $1\ 000\ m^2$  de superficie de piso y no cuenta con ventilación transversal suficiente, se efectuará por un sistema mecánico de impulsión y extracción que renueve el aire cada 12 minutos. El sistema mecánico de impulsión de

aire se instalará en la parte superior lo más cercano al techo. La altura de descarga mínima será de +1,50 m encima del nivel de último techo para el caso de sótanos de estacionamientos en edificaciones con pisos superiores, siempre y cuando no afecte las edificaciones colindantes en cuyo caso se usarán filtros.

En los estacionamientos que excedan de cinco plazas o de 100 m<sup>2</sup> útiles debe disponer de un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) en cada planta que se active automáticamente el o los aspiradores mecánicos cuando se alcance una concentración de 50 ppm en estacionamientos donde se prevea que existan empleados y una concentración de 100 ppm en caso contrario (Ministerio de Vivienda, 2021, pp.10-11).

Ver **ANEXO 03**.

Por otro lado, la norma ASHRAE sobre sistemas de ventilación en sótanos dice lo siguiente:

En términos de salud y seguridad, zonas de garajes de aparcamiento de automóviles presentan problemas graves. La emisión de monóxido de carbono (CO) por los coches, que pueden causar una enfermedad grave y la muerte. Otro problema es la falta de movimiento del aire dentro del estacionamiento, debido a que los estacionamientos subterráneos son cerrados y se recomienda una tasa de ventilación de 0.75 cfm/ft<sup>2</sup> con una concentración de Monóxido de Carbono de 9 ppm por 8 horas y 35 ppm por 1 hora (ASHRAE, 2022, p.22). Ver **ANEXO 04**.

También en la norma NFPA 88A, Es una normativa internacional de seguridad contra incendios, la cual se centra particularmente en las condiciones a tener en cuenta para edificaciones o estructuras para estacionamientos. Esta norma se incluye dentro del conjunto de estándares y códigos que la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) ha creado para

asegurar la protección en diferentes establecimientos. Según la NFPA 88A todas las estructuras de estacionamiento cerradas deben estar ventiladas por un sistema mecánico capaz de proporcionar un mínimo de 300 L/min por m<sup>2</sup> de área de piso durante las horas de operación normal (NFPA, 2019). Ver **ANEXO 05**.

#### Tabla 4

Tabla comparativa de tasa de ventilación

| <b>TASA DE VENTILACIÓN</b> |              |                                |
|----------------------------|--------------|--------------------------------|
| <b>NORMA</b>               | <b>VALOR</b> | <b>UNIDAD</b>                  |
| EM.030 RNE                 | 5            | La renovación cada 12 minutos. |
| ASHRAE                     | 0.75         | cfm/*ft <sup>2</sup>           |
| NFPA 88A                   | 300          | L/min*m <sup>2</sup>           |

Nota: La tabla comparativa de tasa de ventilación. Fuente elaboración propia.

Se puede observar que la normativa indica que los estacionamientos subterráneos requieren tener ventilación mecánica y una concentración menor de 50 ppm.

La velocidad recomendada dentro del ducto y que se encuentre a la vista de las personas es de 10.2 m/s según la norma del ASHRAE Handbook 2019. Ver **ANEXO 06**.

Para el cálculo de caída de presión y dimensionamiento de ductos, se usará la norma ASHRAE Handbook. Ver **ANEXO 07 Y 08**.

Para la ubicación de los equipos jet fans dentro del estacionamiento se seguirá la norma UNE-100166 el cual se encuentra en el **ANEXO 09**.

## CAPITULO IV:

### DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN

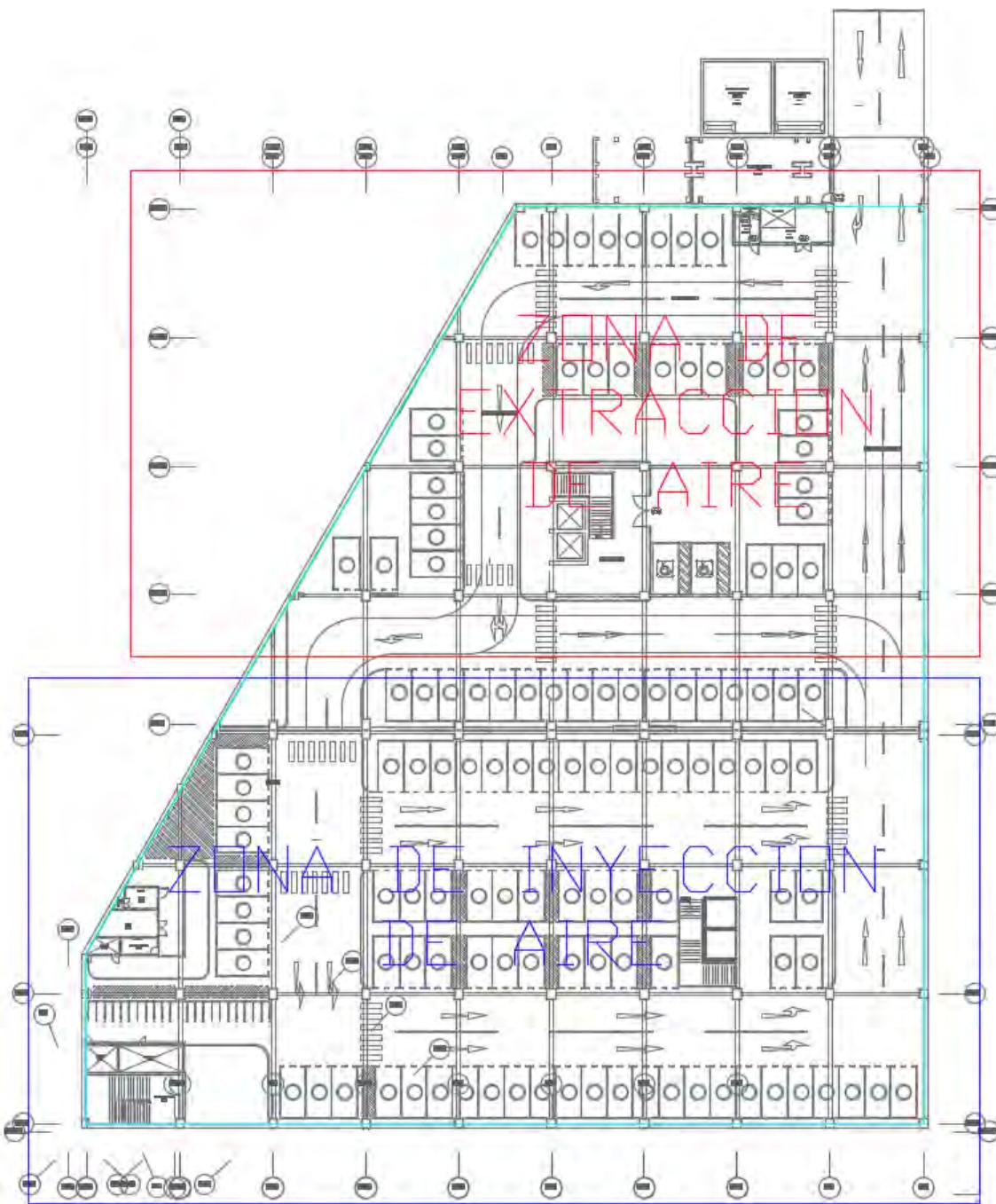
#### 4. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrolla el procedimiento para el dimensionamiento de los ductos del sistema de ventilación mecánica necesarios en el estacionamiento del centro comercial Huancaro, la ventilación se realizará mediante dos sistemas una de inyección que se encuentra que la parte inferior y el sistema de extracción el cual se encuentra por la parte superior del plano, esta zonificación se realizará como se muestra en la siguiente figura.

A partir de las indicaciones de las normas ASHRAE, NTP EM.030 y la NFPA, se analizan las emisiones de los vehículos y los valores permitidos de monóxido de carbono, con el fin de garantizar un ambiente saludable.

#### Figura 25

Plano de planta con la zonificación del sistema de inyección y extracción.



Nota: Plano de planta del sótano. Tomado de los planos de arquitectura en AutoCAD.

#### 4.1. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AIRE PARA EL ESTACIONAMIENTO

Para calcular el caudal del sistema de ventilación del estacionamiento del centro comercial

Huancarco, se siguió el procedimiento de la norma ASHRAE Handbook 2019 (Aplicaciones de

Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) en el Capítulo 16 del tema de Estacionamientos, el cual indica determinar el caudal mediante la concentración de Monóxido de Carbono CO. Para la presente investigación se trabajará con una concentración de 35 ppm por 1 hora en una hora pico para tener el máximo número esperado de vehículos en operación y nos permite tener el escenario más desfavorable para la acumulación del monóxido de carbono.

Este cálculo se desarrollará siguiendo los siguientes pasos:

a) Recolección de los diferentes datos:

- Número de automóviles.

Según el diseño arquitectónico del proyecto, hay 124 espacios en total disponibles para estacionar autos, de los cuales el 70% de los autos están en funcionamiento.

$$N = 124 * 70\%$$

$$N = 87 \text{ autos}$$

De los 124 autos, 87 se encuentran en funcionamiento (encendidos) ya sea realizando maniobras de estacionamiento, desplazándose por el pasillo o saliendo del estacionamiento.

- Tasa de emisiones de Monóxido de Carbono para un automóvil típico.

Para la tasa de emisiones se usará la tabla 3 y se considerará las condiciones más críticas en cuanto a emisiones calientes 3.61 g/min (vehículos en movimiento) y en emisiones frías 20.74 g/min (vehículos al encender), Suman 24.35 g/min.

$$E = 24.35 \frac{g}{min} = 1461 \text{ g/h}$$

- Concentración aceptable de Monóxido de carbono dentro del estacionamiento.

La concentración aceptable de Monóxido de Carbono CO por 1 hora es de 35 ppm.

- Área y altura del estacionamiento:

$$A = 5\ 719\ m^2$$

$$h = 4.5\ m$$

- b) Determinar la tasa de generación de Monóxido de Carbono CO real:

Ecuación para determinar la tasa de generación de CO por unidad de superficie G, en  $g/(h*m^2)$  para el estacionamiento. Entonces se reemplazan los valores en la ecuación.

$$G = \frac{N \times E}{A}$$

$$G = \frac{87 \times 1\ 461 \frac{g}{h}}{5\ 719\ m^2}$$

$$G = 22.23 \frac{g}{h * m^2}$$

- c) Tasa máxima de generación de Monóxido de Carbono CO:

Tasa de generación máxima de CO por unidad de superficie. Este valor se toma de la Norma ASHRAE Handbook y se basa en un estudio de estacionamiento cerrado.

$$Go = 26.7 \frac{g}{h * m^2}$$

- d) Valor normalizado de generación de Monóxido de Carbono CO:

Se tiene la siguiente ecuación:

$$f = \frac{100 \times G}{Go}$$

$$f = \frac{100 \times 22.23 \frac{g}{h * m^2}}{26.7 \frac{g}{h * m^2}}$$

$$f = 83.24\ %$$

- e) Tasa de ventilación respecto a los niveles de concentración de Monóxido de Carbono CO, se toma los valores de la norma ASHRAE Handbook:

**Figura 26**

### Tasa de ventilación en ppm

$$\begin{aligned} C &= 1.204 \times 10^{-6} (\text{m}^3/\text{s})/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \text{ for CO}_{max} = 15 \text{ ppm} \\ &= 0.692 \times 10^{-6} (\text{m}^3/\text{s})/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \text{ for CO}_{max} = 25 \text{ ppm} \\ &= 0.481 \times 10^{-6} (\text{m}^3/\text{s})/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \text{ for CO}_{max} = 35 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Nota: Figura tomada de (ASHRAE Handbook, 2019).

La norma ASHRAE Handbook recomienda considerar  $0.481 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$  para 35 ppm. También la Norma Técnica Peruana EM.030 en el territorio nacional recomienda que no se exceda de los 50 ppm. Por ende, el valor de 35 ppm, está dentro de los límites sugeridos por la normativa.

- f) Tiempo total para una operación típica de un auto dentro del estacionamiento:

Para calcular el tiempo total de la operación de un auto dentro del estacionamiento se necesita la distancia de recorrido y la velocidad.

$$\theta = \frac{d}{v}$$

Donde:

d = distancia de recorrido dentro del estacionamiento (374 m).

v = velocidad de recorrido (10 km/h  $\Rightarrow$  2.78 m/s).

Se reemplazan los valores en la ecuación y se obtiene:

$$\theta = \frac{374 \text{ m}}{2.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$\theta = 135 \text{ seg}$$

- g) Caudal mínimo de aire por unidad de área:

Para hallar el caudal mínimo por unidad de área utilizaremos la siguiente ecuación.

$$Qo = C * f * \theta$$

$$Qo = 0.481 \times 10^{-6} \frac{\frac{m^3}{s}}{m^2 * s} * 83.24 * 135 \text{ seg}$$

$$Qo = \frac{0.005 m^3}{s * m^2}$$

Este valor cumple también con la normativa internacional de seguridad contra incendios NFPA 88A en el cual indica que un estacionamiento cerrado debe estar ventiladas por un sistema mecánico capaz de proporcionar un mínimo de 300 L/min\*m<sup>2</sup> es igual a 5 L/s\*m<sup>2</sup> de área de piso durante las horas de operación (NFPA, 2019).

h) Caudal mínimo de aire por toda el área del estacionamiento:

Para obtener el caudal mínimo de aire necesario en todo el estacionamiento, se debe multiplicar por toda el área ( $A = 5719 m^2$ ).

$$Q = \frac{0.005 m^3}{s * m^2} \times 5719 m^2$$

$$Q = \frac{30.83 m^3}{s}$$

$$Q = \frac{30.83 m^3}{s} * \frac{3600s}{h}$$

$$Q = 110988 \frac{m^3}{h}$$

i) Renovación de aire por hora dentro del estacionamiento:

Para calcular las renovaciones por hora, dividir la altura del estacionamiento al caudal mínimo por unidad de área.

$$ACH = \frac{\frac{0.005 m^3}{s * m^2}}{4.5 m} \times 3600 \frac{s}{h}$$

$$ACH = 4.3 \frac{\text{renovaciones}}{\text{hora}}$$

Una vez realizado el cálculo mediante la norma ASHRAE, también se calculó mediante el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma EM.030 en el cual indica que la ventilación de estacionamiento en sótanos, deberá ser permanente y se efectuará por un sistema mecánico de impulsión y extracción que suministre un mínimo de doce metros cúbicos de aire exterior, por hora y por metro cuadrado de área de piso (Ministerio de Vivienda, 2021). Una renovación completa cada 12 minutos equivale a 5 renovaciones/hora.

Calculo según el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma EM.030.

$$Q = A * h * ACH$$

$$Q = 5\ 719\ m^2 \times 4.5\ m \times 5 \frac{renov}{hora}$$

$$Q = 128\ 690 \frac{m^3}{h}$$

El caudal se calculó por dos procedimientos distintos con el fin de comprar resultado, obteniéndose.

- Según ASHRAE Handbook se obtuvo un caudal mínimo total para todo el

$$\text{estacionamiento de } Q = 110\ 988 \frac{m^3}{h}.$$

- Según NTP EM.030 se obtuvo un caudal total para todo el estacionamiento de

$$Q = 128\ 690 \frac{m^3}{h}.$$

Para continuar con el desarrollo del siguiente estudio, utilizaremos un caudal  $Q = 128\ 690 \frac{m^3}{h}$ .

#### 4.2. CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS

Para hallar el cálculo de la caída de presión en ductos primero se debe diseñar la distribución de aire mediante ductos para el sistema de inyección y para el sistema de extracción en el estacionamiento. Primeramente, se calculará el sistema de inyección y posteriormente el sistema de extracción.

#### 4.2.1 PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS DE INYECCIÓN.

Se tiene el caudal de  $Q = 128\,690 \frac{m^3}{h}$  convirtiendo a pies cúbicos por minuto se tiene un caudal de  $Q = 75\,744 \text{ cfm}$ . Se diseñó una distribución uniforme en la zona de inyección conformada por 9 rejillas, cada una con un caudal de  $Q = 14\,299 \frac{m^3}{h} \Rightarrow Q = 8\,416 \text{ cfm}$ , tal como se aprecia en la siguiente imagen.

**Figura 27**

## Distribución de las rejillas del sistema de inyección.



Nota: Tomada del plano de arquitectura de AutoCAD.

Una vez diseñada la distribución de las rejillas y con el recorrido del ducto, se procede a dimensionar los ductos desde el punto más alejado de la rejilla hasta el ducto que se conecta al ventilador. Para la selección de la velocidad del aire en los ductos se usará las siguientes tablas con valores recomendados por la norma ASHRAE.

**Tabla 5**

Velocidad máxima recomendada del flujo de aire del ducto principal.

| Ubicación del ducto principal  | VELOCIDAD MÁXIMA RECOMENDADO DEL FLUJO DE AIRE DEL DUCTO PRINCIPAL |                     |                      |
|--|--|---------------------|----------------------|
|  | Velocidad máxima de flujo de aire (m/s)                            |                     |                      |
|  | Confort acústico   | Ducto Rectangular   | Ducto Circular       |
| En el espacio libre entre el cielorraso de yeso (drywall) y la losa superior           | 45<br>35<br>25   | 17.8<br>12.7<br>8.6 | 25.4<br>17.8<br>12.7 |
| En el espacio libre entre el cielorraso (techo acústico suspendido) y la losa superior | 45<br>35<br>25   | 12.7<br>8.9<br>6.1  | 22.9<br>15.2<br>10.2 |
| Ubicado directamente a la vista de las personas  | 45<br>35<br>25   | 10.2<br>7.4<br>4.8  | 19.8<br>13.2<br>8.6  |

Nota: La tabla es de la norma ASHRAE (ASHRAE Handbook, p.898, 2019).

**Tabla 6**

Velocidad máxima recomendada del flujo de aire del ducto ramificado.

| VELOCIDAD MÁXIMA RECOMENDADO DEL FLUJO DE AIRE DEL DUCTO<br>RAMIFICADO                       |  |                      |                   |
|--|--|----------------------|-------------------|
| Ubicación del ducto principal  | Velocidad máxima de flujo de<br>aire (m/s) |                      |                   |
|  | Confort<br>acústico                        | Ducto<br>Rectangular | Ducto<br>Circular |
| En el espacio libre entre el cielorraso de<br>yeso (drywall) y la losa superior              | 45   | 14.2                 | 20.3              |
|  | 35   | 10.2                 | 14.2              |
|  | 25   | 6.9                  | 10.2              |
| En el espacio libre entre el cielorraso<br>(techo acústico suspendido) y la losa<br>superior | 45   | 10.2                 | 18.3              |
|  | 35   | 7.1                  | 12.2              |
|  | 25   | 4.9                  | 8.2               |
| Ubicado directamente a la vista de las<br>personas   | 45   | 8.2                  | 15.8              |
|  | 35   | 5.9                  | 10.6              |
|  | 25   | 3.8                  | 6.9               |

Nota: La tabla es de la norma ASHRAE (ASHRAE Handbook, p.898, 2019).

Analizando la tabla 5 y la tabla 6 que nos da la velocidad máxima de flujo de aire y en la presente investigación tenemos el diseño del ducto ubicado en la parte superior del techo a la vista de las personas por lo tanto elegiremos la velocidad del flujo de hasta 10.2 m/s para el ducto principal y un flujo de 8.2 m/s para el ducto ramificado. También nos recomienda tener una caída

de precisión por longitud de 0.1 inwc/100 ft. En un estacionamiento no es necesario mantener niveles de ruido reducido debido a que un estacionamiento es un área de paso, mas no de permanencia prolongada.

#### 4.2.1.1. PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS DE INYECCIÓN

Para el cálculo de la pérdida de carga se emplearán dos métodos: una mediante el procedimiento de instrumento de cálculo manual y otro mediante el programa de DuctSizer en el Sistema Imperial Ingles.

- Mediante el procedimiento de instrumento de cálculo manual.

Procedemos al cálculo del dimensionamiento del ducto del sistema de inyección comenzando por la rejilla más alejada.

Perdida de carga en el tramo A – B: Se tiene los siguientes datos de acuerdo al diseño.

$$Q = 14\ 299 \frac{m^3}{h} \Rightarrow Q = 8\ 416 \text{ cfm} \Rightarrow Q = 3\ 972 \frac{l}{s}$$

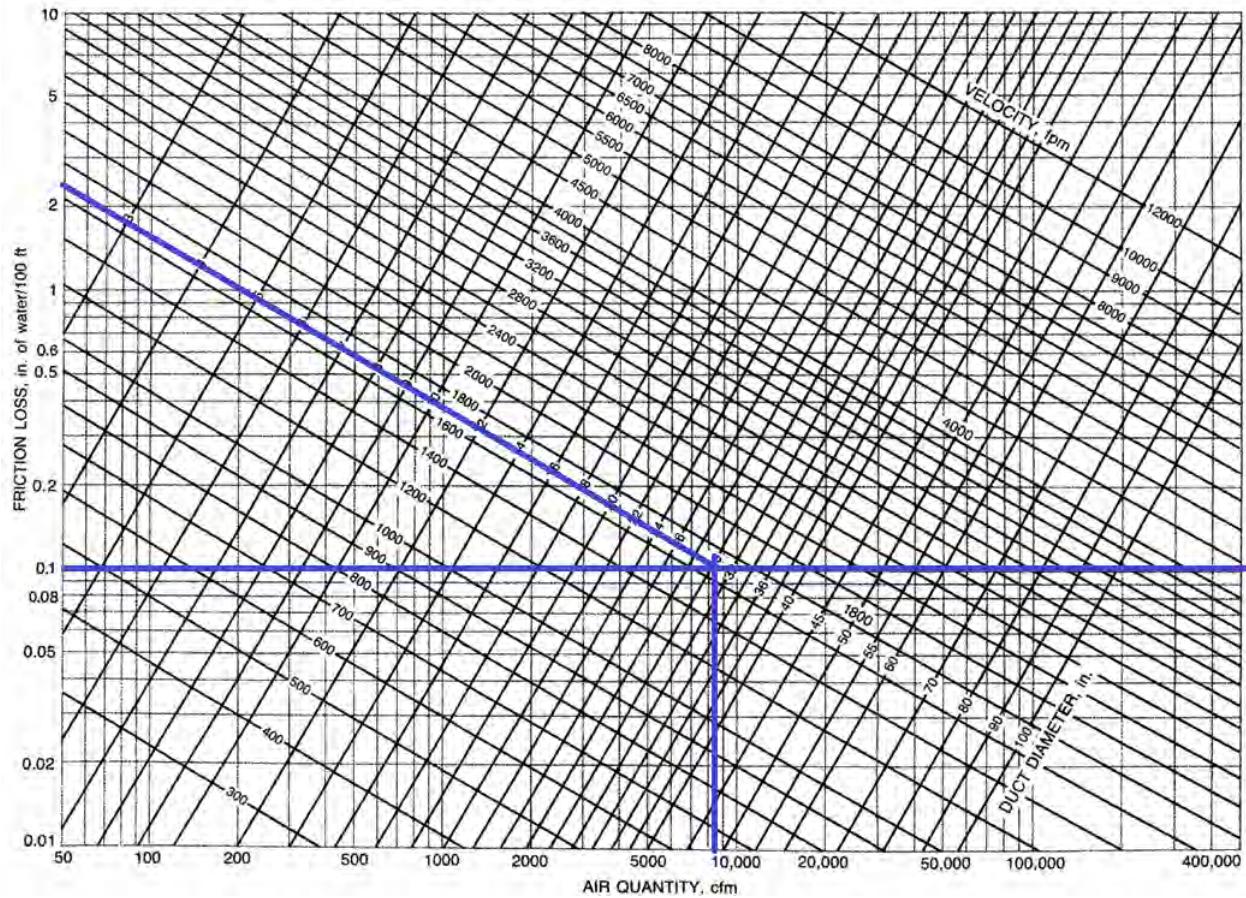
$$V = 1\ 600 fpm \Rightarrow V = 8.2 \frac{m}{s}$$

$$l = 24.61 ft \Rightarrow l = 7.5 m$$

Para empezar, se dimensionará siguiendo las tablas de la norma ASHRAE. Los valores de caudal y caída de presión 0.1 inwc/100 ft, se ingresa a la tabla.

#### Figura 28

Tabla de fricción para ducto circular A - B



Nota: Tabla para el tramo A – B. Tomada de (ASHRAE HANDBOOK, 2009).

Trazando los valores del caudal y caída de presión obtenemos el diámetro equivalente de 31 in.

Para saber las dimensiones equivalentes en un ducto rectangular, se ingresa a la siguiente tabla.

**Figura 29**

Dimensiones equivalentes en un ducto rectangular

**Table 2 Equivalent Rectangular Duct Dimensions**

| Circular<br>Duct<br>Diameter,<br>in. | Length of One Side of Rectangular Duct <i>a</i> , in. |    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    | Length Adjacent Side of Rectangular Duct <i>b</i> , in. |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|
|                                      | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 14  | 16 | 18  | 20  | 22 | 24 |   |    |    |    |    |    |    |
| 5                                    | 5   |    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 5.5                                  | 6   | 5  |    |    |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 6                                    | 8   | 6  |    |    |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 6.5                                  | 9   | 7  | 6  |    |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 7                                    | 11  | 8  | 7  |    |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 7.5                                  | 13  | 10 | 8  | 7  |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 8                                    | 15  | 11 | 9  | 8  |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 8.5                                  | 17  | 13 | 10 | 9  |    |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 9                                    | 20  | 15 | 12 | 10 | 8  |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 9.5                                  | 22  | 17 | 13 | 11 | 9  |    |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 10                                   | 25  | 19 | 15 | 12 | 10 | 9  |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 10.5                                 | 29  | 21 | 16 | 14 | 12 | 10 |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 11                                   | 32  | 23 | 18 | 15 | 13 | 11 | 10 |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 11.5                                 | 26  | 20 | 17 | 14 | 12 | 11 |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 12                                   | 29  | 22 | 18 | 15 | 13 | 12 |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 12.5                                 | 32  | 24 | 20 | 17 | 15 | 13 |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 13                                   | 35  | 27 | 22 | 18 | 16 | 14 | 12 |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 13.5                                 | 38  | 29 | 24 | 20 | 17 | 15 | 13 |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 14                                   | 32  | 26 | 22 | 19 | 17 | 14 |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 14.5                                 | 35  | 28 | 24 | 20 | 18 | 15 |    |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 15                                   | 38  | 30 | 25 | 22 | 19 | 16 | 14 |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 16                                   | 45  | 36 | 30 | 25 | 22 | 18 | 15 |    |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 17                                   |   | 41 | 34 | 29 | 25 | 20 | 17 | 16 |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 18                                   |   | 47 | 39 | 33 | 29 | 23 | 19 | 17 |     |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 19                                   |   | 54 | 44 | 38 | 33 | 26 | 22 | 19 | 18  |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 20                                   |   |    | 50 | 43 | 37 | 29 | 24 | 21 | 19  |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 21                                   |   |    | 57 | 48 | 41 | 33 | 27 | 23 | 20  |    |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 22                                   |   |    | 64 | 54 | 46 | 36 | 30 | 26 | 23  | 20 |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 23                                   |   |    |    | 60 | 51 | 40 | 33 | 28 | 25  | 22 |     |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 24                                   |   |    |    | 66 | 57 | 44 | 36 | 31 | 27  | 24 | 22  |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 25                                   |   |    |    |    | 63 | 49 | 40 | 34 | 29  | 26 | 24  |     |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 26                                   |   |    |    |    |    | 69 | 54 | 44 | 37  | 32 | 28  | 26  | 24 |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 27                                   |   |    |    |    |    | 76 | 59 | 48 | 40  | 35 | 31  | 28  | 25 |    |   |    |    |    |    |    |    |
| 28                                   |   |    |    |    |    |    | 64 | 52 | 43  | 38 | 33  | 30  | 27 | 26 |   |    |    |    |    |    |    |
| 29                                   |   |    |    |    |    |    | 70 | 56 | 47  | 41 | 36  | 32  | 29 | 27 |   |    |    |    |    |    |    |
| 30                                   |   |    |    |    |    |    | 76 | 61 | 51  | 44 | 39  | 35  | 31 | 29 | 28  |    |    |    |    |    |    |
| 31                                   |   |    |    |    |    |    | 82 | 66 | 55  | 47 | 41  | 37  | 34 | 31 | 29  |    |    |    |    |    |    |
| 32                                   |   |    |    |    |    |    |    | 89 | 71  | 59 | 51  | 44  | 40 | 36 | 33  | 31 |    |    |    |    |    |
| 33                                   |   |    |    |    |    |    |    | 96 | 76  | 64 | 54  | 48  | 42 | 38 | 35  | 33 | 30 |    |    |    |    |
| 34                                   |   |    |    |    |    |    |    |    | 82  | 68 | 58  | 51  | 45 | 41 | 37  | 35 | 32 |    |    |    |    |
| 35                                   |   |    |    |    |    |    |    |    | 88  | 73 | 62  | 54  | 48 | 44 | 40  | 37 | 34 | 32 |    |    |    |
| 36                                   |   |    |    |    |    |    |    |    | 95  | 78 | 67  | 58  | 51 | 46 | 42  | 39 | 36 | 34 |    |    |    |
| 37                                   |   |    |    |    |    |    |    |    | 101 | 83 | 71  | 62  | 55 | 49 | 45  | 41 | 38 | 36 | 34 |    |    |
| 38                                   |   |    |    |    |    |    |    |    | 108 | 89 | 76  | 66  | 58 | 52 | 47  | 44 | 40 | 38 | 36 |    |    |
| 39                                   |   |    |    |    |    |    |    |    |     | 95 | 80  | 70  | 62 | 55 | 50  | 46 | 43 | 40 | 37 | 36 |    |
| 40                                   |   |    |    |    |    |    |    |    |     |    | 101 | 85  | 74 | 65 | 58  | 53 | 49 | 45 | 42 | 39 | 37 |
| 41                                   |   |    |    |    |    |    |    |    |     |    | 107 | 91  | 78 | 69 | 62  | 56 | 51 | 47 | 44 | 41 | 39 |
| 42                                   |   |    |    |    |    |    |    |    |     |    | 114 | 96  | 83 | 73 | 65  | 59 | 54 | 50 | 46 | 44 | 41 |
| 43                                   |   |    |    |    |    |    |    |    |     |    | 120 | 102 | 88 | 77 | 69  | 62 | 57 | 53 | 49 | 46 | 43 |

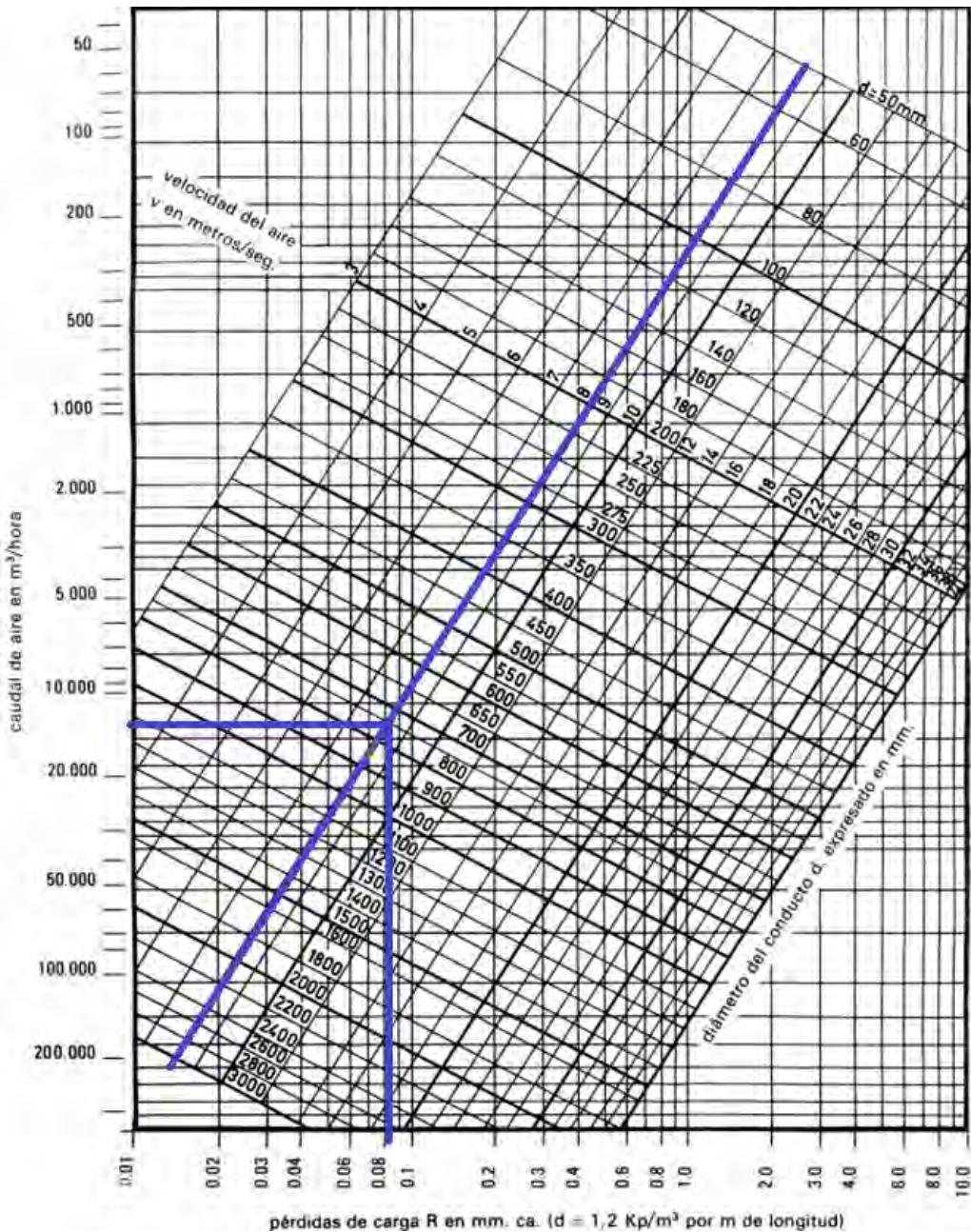
Nota: Tomada de (ASHRAE HANDBOOK, 2009).

Se tiene un ducto rectangular de 31in x 26in.

Para el cálculo de la pérdida de carga por fricción nos ayudaremos del manual de Salvador Escoda

### Figura 30

Pérdida de carga en ductos de aire



Nota: Figura tomada de (SALVADOR ESCODA S.A.).

Se tiene una pérdida de carga de

$$P_t = 0.082 \text{ mmca} \times 7.5 \text{ m}$$

$$P_t = 0.615 \text{ mmca} \Rightarrow P_t = 6.027 \text{ Pa}$$

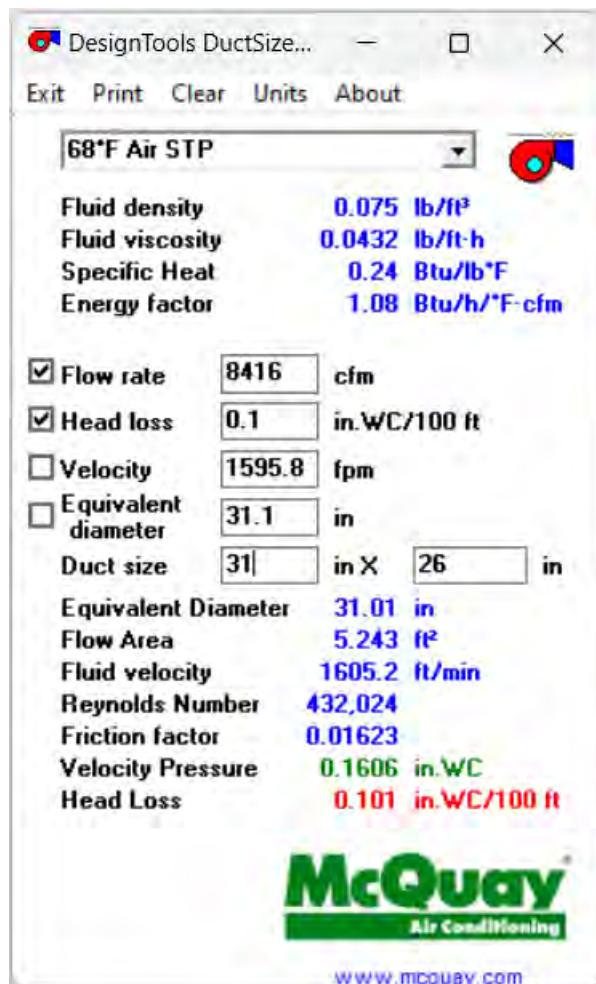
Con una sección de ducto de 31" x 26".

- Mediante el programa DuctSizer en el Sistema Imperial Ingles.

Para el sistema ingles utilizaremos los datos para el caudal  $Q = 8\,416 \text{ cfm}$  y para la caída de presión  $0.1 \text{ inwc}/100 \text{ ft}$ , el ducto tiene una longitud de  $l = 24.61 \text{ ft}$ .

**Figura 31**

Cálculo de la pérdida de carga en el tramo A – B mediante el programa DuctSizer en el sistema imperial inglés.



Nota: El cálculo de perdida. Tomada del programa DuctSizer.

Se tiene la perdida de carga por fricción de  $0.101 \text{ in.WC}/100\text{ft}$  por cada metro de longitud:

$$P_t = 0.101 \text{ in} \frac{\text{WC}}{100} \text{ ft} \times 24.61 \text{ ft}$$

$$P_t = 0.025 \text{ inca} \Rightarrow P_t = 6.185 \text{ Pa}$$

Con una sección de ducto de 31" x 26".

Debido a que el instrumento de cálculo manual que son las tablas, proporciona un valor aproximado ya sea por la resolución y la calidad de imagen, es necesario complementar este procedimiento con una herramienta de mayor precisión. Por tal motivo, se realiza una verificación adicional mediante el programa Ductsizer, el cual permite obtener resultados más confiables y consistentes al considerar de manera exacta las variables de diseño y las pérdidas de carga del sistema. En conclusión, aunque ambos métodos presentan diferencias mínimas en los resultados, para efectos de cálculo, se utilizara la pérdida de carga más desfavorable.

A continuación, se tiene una tabla en el que se encuentra el cálculo de la pérdida de carga en todos los tramos.

**Tabla 7**

Cálculo de la pérdida de carga en el ducto de inyección de aire.

| TRAMO                       | CALCULO DE PÉRDIDA DE CARGA EN EL DUCTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN |       |                            |                       |   |                                |   |                            |                                |
|-----------------------------|--|-------|----------------------------|-----------------------|---|--------------------------------|---|----------------------------|--------------------------------|
|                             | CAUDAL VELOCIDAD   |       | LONGITUD DEL DUCTO<br>(ft) | DIMENSIONES DEL DUCTO | PÉRDIDA DE CARGA POR LONGITUD<br>(mmca) | CÁLCULO MANUAL                 |   | CÁLCULO DUCTSIZER          |                                |
|                             | (cfm)  | (fpm) |                            |                       |   | PÉRDIDA DE CARGA<br>TOTAL (Pa) | PÉRDIDA DE CARGA POR LONGITUD<br>(inWC/100ft) | PÉRDIDA DE CARGA<br>(inca) | PÉRDIDA DE CARGA<br>TOTAL (Pa) |
| A - B                       | 8416   | 1556  | 24.61                      | 32" x 26"             | 0.082                                   | 6.027                          | 0.101   | 0.025                      | 6.185                          |
| B - C                       | 16832  | 1614  | 24.61                      | 40" x 40"             | 0.055                                   | 4.043                          | 0.067   | 0.016                      | 4.103                          |
| C - D                       | 25248  | 1614  | 24.61                      | 50" x 48"             | 0.043                                   | 3.161                          | 0.053   | 0.013                      | 3.246                          |
| D - E                       | 33664  | 1649  | 24.61                      | 58" x 54"             | 0.036                                   | 2.646                          | 0.047   | 0.012                      | 2.878                          |
| E - F                       | 42080  | 1795  | 24.61                      | 62" x 58"             | 0.041                                   | 3.014                          | 0.051   | 0.013                      | 3.123                          |
| F - G                       | 50496  | 1900  | 24.61                      | 68" x 60"             | 0.043                                   | 3.161                          | 0.053   | 0.013                      | 3.246                          |
| G - H                       | 58912  | 1956  | 24.61                      | 70" x 66"             | 0.040                                   | 2.940                          | 0.052   | 0.013                      | 3.184                          |
| H - I                       | 67328  | 1994  | 24.61                      | 74" x 70"             | 0.038                                   | 2.793                          | 0.050   | 0.012                      | 3.062                          |
| I - J                       | 75744  | 2006  | 131.23                     | 76" x 74"             | 0.034                                   | 13.328                         | 0.051   | 0.067                      | 16.654                         |
| PÉRDIDA DE CARGA TOTAL (Pa) |  |       |                            |                       |   | 41.111                         |   |                            | 45.682                         |

Nota: La tabla está elaborado en Microsoft Excel.

Una vez determinadas las pérdidas de carga de todos los tramos, realizamos la sumatoria en el sistema métrico, obteniendo la pérdida de carga en ductos del sistema de inyección.

$$P_t = 45.682 \text{ Pa}$$

#### 4.2.1.2. PÉRDIDA DE CARGA EN REJILLAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

Para seleccionar una rejilla para el sistema de inyección es necesario saber cuál es el nivel de sonido y la velocidad del fluido que podemos tener dentro del estacionamiento. Para el nivel de ruido, la normativa ASHRAE recomienda estar dentro del 45 dB – 70 dB y para la velocidad en el cuello del ducto a la rejilla como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 8**

Velocidades recomendadas en las bocas de salida.

| APLICACIÓN                              | VELOCIDAD (FPM) |
|---|-----------------|
| Estudios de radiodifusión               | 300 – 500       |
| Residencias                             | 500 – 750       |
| Apartamentos                            | 500 – 750       |
| Iglesias                                | 500 – 750       |
| Dormitorio de hotel                     | 500 – 750       |
| Teatros                                 | 500 – 750       |
| Oficinas particulares                   | 500 – 750       |
| Salas de cine                           | 1000            |
| Oficinas públicas                       | 1000 – 1250     |
| Almacenes comerciales, planta superior  | 1500            |
| Almacenes comerciales, planta principal | 2000            |

Nota: La tabla de velocidades recomendadas es extraído de (Carrier Air Conditioning Company,

1980).

Para efectos de diseño del sistema de ventilación, se ha considerado como almacenes comerciales, plantas superiores debido a que los estacionamientos son espacios de circulación en los cuales la permanencia de las personas es reducida y de carácter transitorio, se tomará una velocidad menor de 1500 fpm (7.62 m/s) a la salida de la rejilla.

Para el diseño de la rejilla tenemos los siguientes datos:

$$Q = 8\,416 \text{ cfm}$$

$$V < 1\,500 \text{ fpm}$$

Para la selección de las rejillas se utilizó el catálogo de Rejillas de doble deflexión debido a que estas rejillas permiten controlar tanto el sentido como el alcance del flujo de aire, se podrá orientar el aire hacia distintas zonas del recinto. Es muy utilizado en comercios, pasillos, estacionamientos ya que se pueden ajustar según la necesidad. La rejilla a utilizarse se muestra en la siguiente figura. Las características se pueden observar en el **ANEXO 10**.

### Figura 32

Rejilla de Inyección doble deflexión

| Tamaño de cuello (pulg)   | Vel de cuello (fpm) | 300      | 400       | 500       | 600       | 700       | 800        | 1000       | 1200        | 1400        |
|---------------------------|---------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|
| Presión de Velocidad (Pv) | 0°                  | 0.006    | 0.010     | 0.016     | 0.022     | 0.031     | 0.040      | 0.062      | 0.09        | 0.122       |
|                           | 22.5°               | 0.016    | 0.029     | 0.046     | 0.066     | 0.09      | 0.117      | 0.183      | 0.263       | 0.358       |
|                           | 45°                 | 0.018    | 0.033     | 0.051     | 0.074     | 0.1       | 0.131      | 0.204      | 0.294       | 0.40        |
|                           | 45°                 | 0.028    | 0.049     | 0.077     | 0.11      | 0.152     | 0.198      | 0.309      | 0.445       | 0.61        |
| 48" x 24"<br>36" x 32"    | Flujo de aire (CFM) | 2289     | 3052      | 3815      | 4578      | 5341      | 6104       | 7630       | 9156        | 10682       |
|                           | 0°                  | 29-47-88 | 42-63-102 | 52-79-114 | 63-88-124 | 73-95-134 | 83-102-144 | 93-114-161 | 102-124-176 | 110-134-147 |
|                           | 22.5°               | 23-37-68 | 33-49-79  | 41-61-88  | 49-68-96  | 57-74-104 | 64-79-111  | 72-88-124  | 79-96-136   | 85-104-147  |
|                           | 45°                 | 13-21-40 | 19-28-46  | 24-35-51  | 28-40-56  | 33-43-60  | 37-46-65   | 42-51-72   | 46-56-79    | 49-60-86    |
|                           | Nivel de ruido (NC) | -        | 19        | 25        | 31        | 35        | 39         | 46         | 52          | 56          |

Nota: Rejilla de Inyección tomado del catálogo de rejillas de (INNES).

Como se observa en la figura, se seleccionó una rejilla de doble deflexión que puede soportar un caudal de hasta 9 156 cfm, a una velocidad de 1 200 fpm, con una potencia sonora de

52 dB, una pérdida de carga total de  $P_t = 0.384 \text{ in c.a.} \Rightarrow P_t = 95.555 \text{ Pa}$ . Las dimensiones de la rejilla de inyección son de 48" x 24".

Seguidamente, se procede a calcular las pérdidas de carga en accesorios como son los codos, reducciones o cambios de sección, desviaciones, etc. Para este cálculo se seguirá el catálogo técnico de Salvador Escoda. Con el cálculo del dimensionamiento en ductos que se realizó en la tabla 7, se tiene el siguiente plano con las dimensiones correspondientes de cada tramo.

**Figura 33**

Dimensionamiento de los ductos de cada tramo en el sistema de inyección.



Nota: Distribución del sistema de inyección. Elaborado en AutoCAD.

Para hallar la pérdida de carga en transiciones, Salvador Escoda recomienda usar la fórmula de pérdida de carga total en función de la presión dinámica  $P_d$  del aire que circula en el ducto y del coeficiente "n" de proporcionalidad (SALVADOR ESCODA S.A.).

$$P_t = n * P_d \text{ (mmca)}$$

Donde:

$P_t$ : Presión total

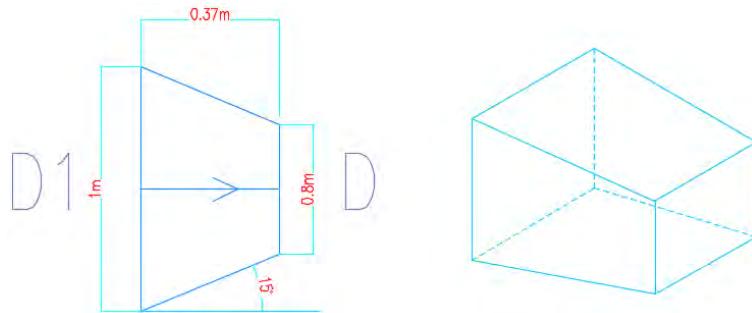
$n$ : Coeficiente de pérdida de carga

$P_d$ : Presión dinámica

CAMBIOS DE SECCIÓN: Se muestra el siguiente esquema para poder realizar en cada cambio de sección.

**Figura 34**

Cambio de sección del tramo A-B



Nota: elaborado en AutoCAD.

De la figura se puede observar las siguientes medidas:

$$D_1 = 1\text{ m}$$

$$D = 0.8\text{ m}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

Con los datos se tiene la siguiente relación.

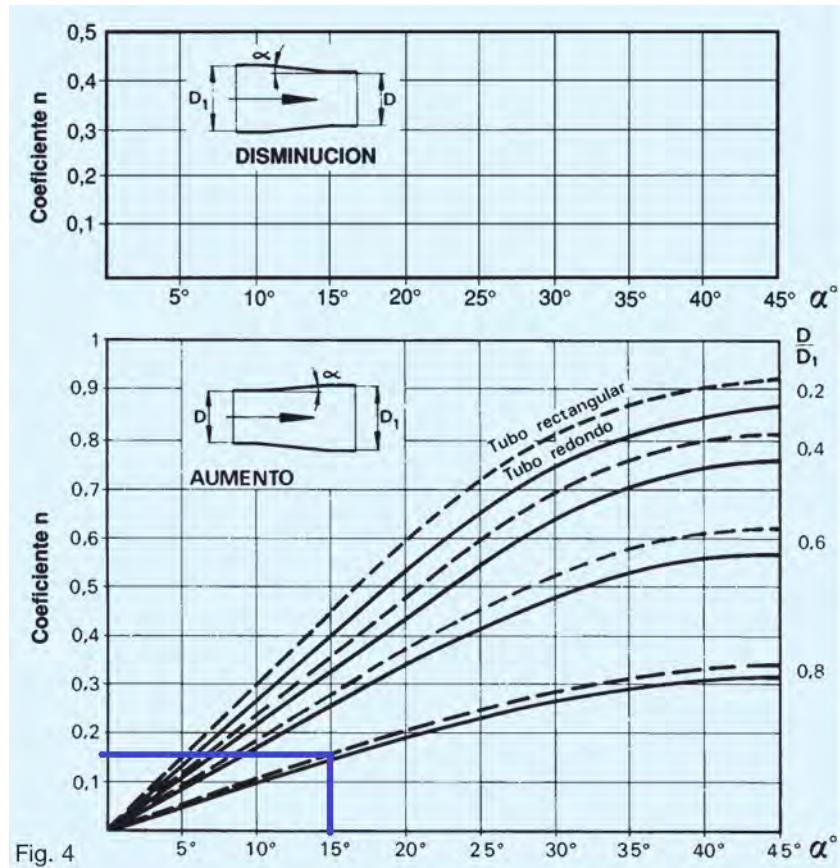
Disminución:

$$\frac{D}{D_1} = \frac{0.8}{1} = 0.8$$

Con estos datos se ingresa a la tabla para hallar el valor del coeficiente de pérdida de carga “ $n$ ”.

**Figura 35**

Coeficiente  $n$  de perdida de carga en el tramo A-B



Nota: Grafico de coeficiente “ $n$ ” de perdida de carga. Tomado del catálogo técnico (SALVADOR ESCODA S.A.).

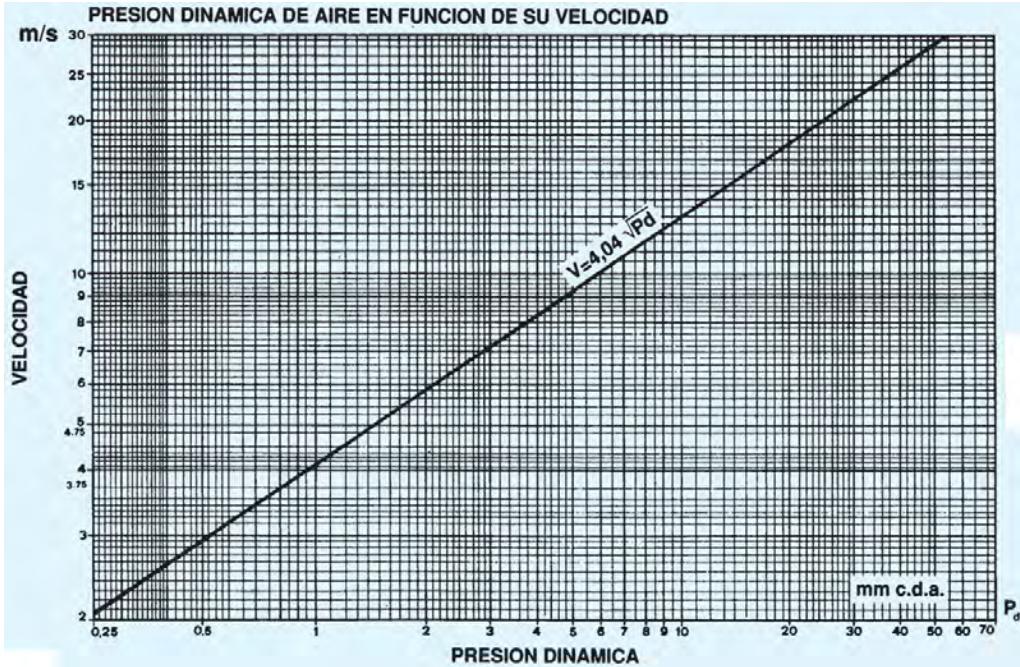
De la figura se puede observar que las líneas discontinuas corresponden a los valores de ductos rectangulares y la línea continua a ductos circulares. En consecuencia, se tiene los valores aproximados.

$$n = 0.17$$

La presión dinámica se calcula en función de la velocidad del flujo de aire.

### Figura 36

Grafica de presión dinámica del aire en función de la velocidad



Nota: La gráfica de presión dinámica. Extraído de (SALVADOR ESCODA S.A.).

Como se observa en la figura, la presión dinámica se puede calcular con la velocidad.

$$V = 4.04\sqrt{P_d}$$

Despejando la ecuación:

$$P_d = \frac{V^2}{4.04^2} \text{ (mmca)}$$

Reemplazando la velocidad a la que se está trabajando  $V = \frac{8m}{s}$ .

$$P_d = \frac{8^2}{4.04^2} \text{ (mmca)}$$

$$P_d = 3.92 \text{ (mmca)}$$

Ya se tiene los valores de coeficiente de pérdida de carga "n" y el valor de la presión dinámica  $P_d$ , se reemplaza en la ecuación de pérdida de carga total.

$$P_t = n * P_d \text{ (mmca)}$$

$$P_t = 0.17 * 3.92 \text{ (mmca)}$$

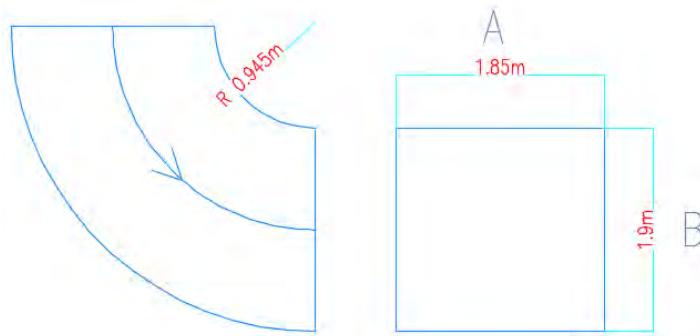
$$P_t = 0.666 \text{ (mmca)} \Rightarrow P_t = 6.531 \text{ Pa}$$

### CODO RECTANGULAR

Para codos rectangulares como en el caso del ducto que ingresa al estacionamiento, se tiene la siguiente figura, la cual nos permite tomar valores y así hallar el coeficiente de la pérdida de carga y a partir de este, calcular la perdida de carga total correspondiente al accesorio dentro del sistema de ventilación.

**Figura 37**

Detalle de codo rectangular.



Nota: Codo del tramo J. Elaborado en AutoCAD.

De la figura se tiene los siguientes valores:

$$A = 1.85 \text{ m}$$

$$B = 1.9 \text{ m}$$

$$R = 0.945 \text{ m}$$

Donde:

A: Altura de la sección.

B: Base de la sección.

R: Radio interior del codo.

Con los valores obtenidos se calcula las relaciones.

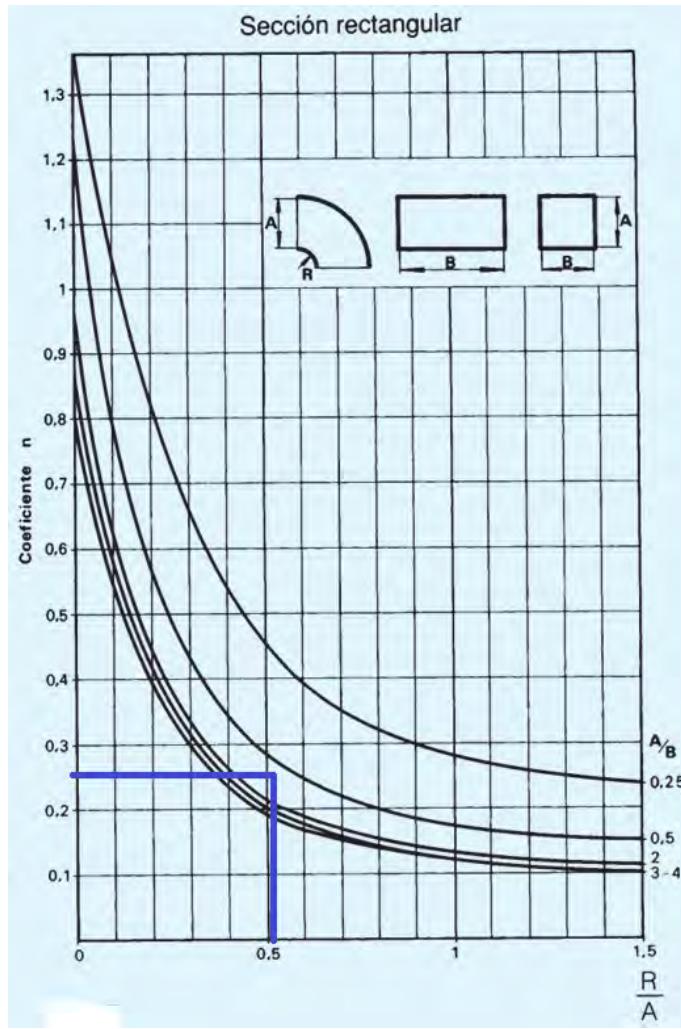
$$A/B = \frac{1.85}{1.9} = 0.97$$

$$R/A = \frac{0.945}{1.85} = 0.51$$

Estos datos se ingresan en la siguiente figura.

**Figura 38**

Codos rectangulares



Nota: Coeficiente “n” de pérdida de carga para codos rectangulares con directrices en el sistema de extracción. Tomado de (SALVADOR ESCODA S.A.).

A partir de la figura, se observa que el coeficiente correspondiente para ductos de sección

rectangular es de:

$$n = 0.26$$

Teniendo el valor del coeficiente de pérdida de carga “ $n$ ”, se reemplaza en la ecuación de pérdida de carga total.

$$P_t = n * P_d \text{ (mmca)}$$

$$P_t = 0.26 * 3.92 \text{ (mmca)}$$

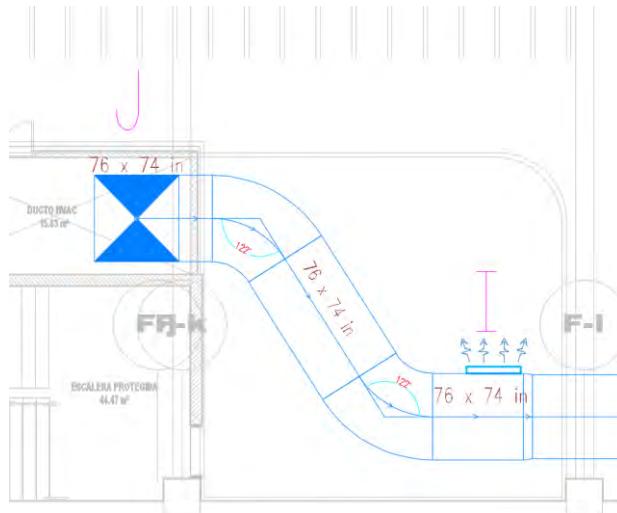
$$P_t = 1.019 \text{ (mmca)} \Rightarrow P_t = 9.988 \text{ Pa}$$

### CODO OBTUSO

Para los codos obtusos del tramo I-J, se tiene un ángulo de  $122^\circ$ .

**Figura 39**

Codo obtuso tramo I-J.

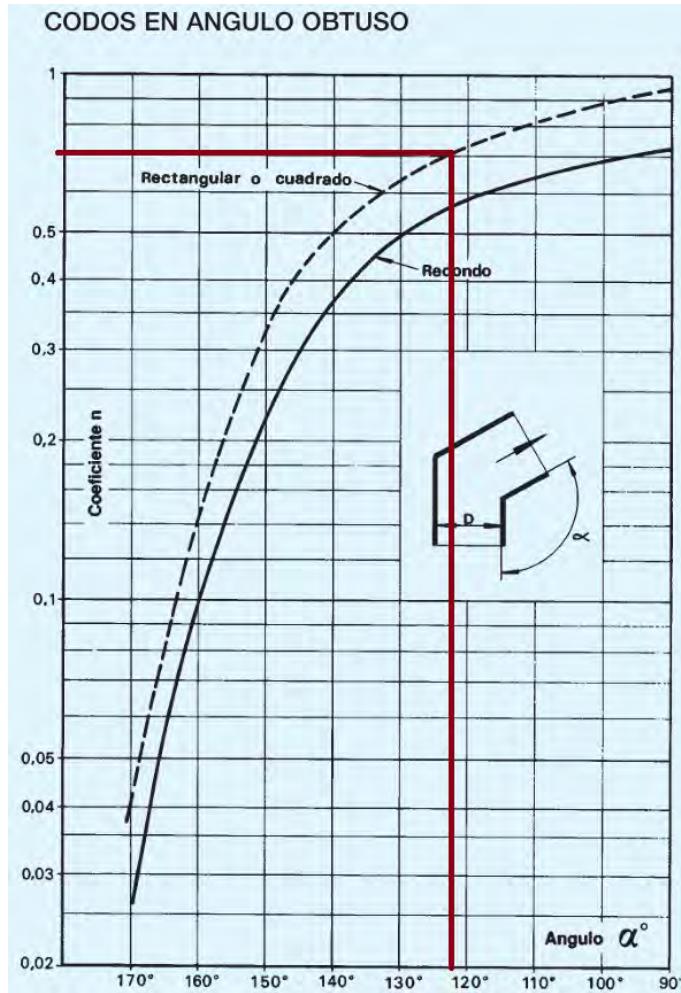


Nota: Elaborado en AutoCAD.

Para el cálculo del coeficiente de pérdida de carga para ángulos obtusos en ductos rectangulares o cuadrados correspondiente a la línea discontinua, se tiene un Angulo de  $\alpha = 122^\circ$ .

**Figura 40**

Codo en ángulo obtuso.



Nota: Codo con ángulo obtuso. Tomado de (SALVADOR ESCODA S.A.).

De la figura se tiene como coeficiente de pérdida de carga.

$$n = 0.7$$

Teniendo el valor del coeficiente de pérdida de carga “*n*”, se reemplaza en la ecuación de pérdida de carga total.

$$P_t = n * P_d \text{ (mmca)}$$

$$P_t = 0.7 * 3.92 \text{ (mmca)}$$

$$P_t = 2.744 \text{ (mmca)} \Rightarrow P_t = 26.891 \text{ Pa}$$

A continuación, se tiene una tabla con las pérdidas de carga en los diferentes accesorios

del sistema de inyección.

**Tabla 9**

Pérdida de carga en accesorios del sistema de inyección.

| PÉRDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS DE SISTEMA DE INYECCIÓN |                    |  |                                     |                                   |
|--|--------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| TIPO   | COEFICIENTE<br>(n) | PÉRDIDA DE<br>CARGA DINÁMICA<br>(mmca) | PÉRDIDA DE<br>CARGA TOTAL<br>(mmca) | PÉRDIDA DE<br>CARGA TOTAL<br>(Pa) |
| CODO RECTANGULAR                                       | 0.26               | 3.92                                   | 1.019                               | 9.988                             |
| CODO RECTANGULAR                                       | 0.26               | 3.92                                   | 1.019                               | 9.988                             |
| CODO RECTANGULAR                                       | 0.26               | 3.92                                   | 1.019                               | 9.988                             |
| CODO A 122°  | 0.7                | 3.92                                   | 2.744                               | 26.891                            |
| CODO A 122°  | 0.7                | 3.92                                   | 2.744                               | 26.891                            |
| REDUCCIÓN 76" - 74"                                    | 0.044              | 3.92                                   | 0.172                               | 1.690                             |
| REDUCCIÓN 74" - 70"                                    | 0.06               | 3.92                                   | 0.235                               | 2.305                             |
| REDUCCIÓN 70" - 68"                                    | 0.05               | 3.92                                   | 0.196                               | 1.921                             |
| REDUCCIÓN 68" - 62"                                    | 0.06               | 3.92                                   | 0.235                               | 2.305                             |
| REDUCCIÓN 62" - 58"                                    | 0.1                | 3.92                                   | 0.392                               | 3.842                             |
| REDUCCIÓN 58" - 50"                                    | 0.15               | 3.92                                   | 0.588                               | 5.762                             |
| REDUCCIÓN 50" - 40"                                    | 0.16               | 3.92                                   | 0.627                               | 6.147                             |
| REDUCCIÓN 40" - 32"                                    | 0.17               | 3.92                                   | 0.666                               | 6.531                             |
| REDUCCIÓN 76" - 56"                                    | 0.15               | 3.92                                   | 0.588                               | 5.762                             |
| AUMENTO 56" - 76"                                      | 0.15               | 3.92                                   | 0.588                               | 5.762                             |
| PÉRDIDA DE CARGA TOTAL                                 |                    |  |                                     | 125.774                           |

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

En la siguiente tabla se observa el resumen de todas las pérdidas de carga correspondiente al sistema de inyección.

**Tabla 10**

Pérdidas de carga en el sistema de inyección.

|  |         |    |
|--|---------|----|
| PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS                       | 45.682  | Pa |
| PÉRDIDA DE CARGA EN REJILLAS                     | 95.555  | Pa |
| PÉRDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS                   | 125.774 | Pa |
| PÉRDIDA DE CARGA EN TODO EL SISTEMA DE INYECCION | 267.011 | Pa |

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

Haciendo una sumatoria de todos los datos obtenidos en el sistema de inyección, se tiene los siguientes valores de caudal y pérdida de carga.

$$Q = 128\,690 \text{ } m^3/h \Rightarrow Q = 75\,744 \text{ } cfm \Rightarrow Q = 35\,747 \text{ } l/s$$

$$P_t = 267.011 \text{ Pa}$$

Al construir el sistema de ventilación se puedes realizar algunas modificaciones mínimas debido al diseño de arquitectura, es por eso que se multiplica por un factor de seguridad para compensar esas pérdidas. En este sistema de ventilación, se considerará un factor de seguridad del 20%. Este factor de seguridad se basa en el libro de (CED ENGINEERING).

$$P_t = 267.011 \text{ Pa} * 1.2$$

$$P_t = 320.413 \text{ Pa}$$

#### 4.2.2. PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS DE EXTRACCIÓN.

Se tiene el caudal de  $Q = 128\,690 \frac{m^3}{h}$  convirtiendo a pies cúbicos por minuto se tiene un caudal de  $Q = 75\,744 \text{ } cfm$ . Se diseñó una distribución uniforme en la zona de extracción conformada por 10 rejillas, cada una con un caudal de  $Q = 12\,869 \frac{m^3}{h} \Rightarrow Q = 7\,574 \text{ } cfm$ , tal como se aprecia en la siguiente imagen.

#### Figura 41

Distribución de las rejillas de sistema de extracción.



Nota: Tomada del plano de arquitectura de AutoCAD.

Una vez definida la ubicación y distribución de las rejillas de inyección, se procede a dimensionar los ductos de la red de ventilación. El proceso se inicia desde el punto más alejado de la rejilla hasta el ducto que se conecta al ventilador. Se considerará una velocidad de flujo de 8 m/s, valor que se encuentra dentro del rango recomendado según la norma ASHRAE para sistemas de ventilación en estacionamientos.

#### 4.2.2.1. PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS DE EXTRACCIÓN

Siguiendo la misma metodología del sistema de inyección de aire, se hace el cálculo para

el sistema de extracción. El objetivo es garantizar un equilibrio entre el suministro de aire y la extracción para así asegurar una adecuada renovación de aire y el cumplimiento de los límites de concentración de monóxido de carbono (CO) dentro del estacionamiento subterráneo.

Como resultado del cálculo, se presenta la siguiente tabla de resumen del dimensionamiento de ductos de cada tramo del sistema de extracción.

**Tabla 11**

Calculo de la pérdida de carga en el ducto del sistema de extracción de aire

| TRAMO                  | CALCULO DE PÉRDIDA DE CARGA EN EL DUCTO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN |                    |                               |                          |   |                |   |                   |                                     |                               |
|------------------------|---|--------------------|-------------------------------|--------------------------|---|----------------|---|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
|                        | CAUDAL<br>(cfm)   | VELOCIDAD<br>(fpm) | LONGITUD<br>DEL DUCTO<br>(ft) | DIMENSIONES<br>DEL DUCTO | PÉRDIDA DE<br>CARGA POR<br>LONGITUD<br>(mmca) | CÁLCULO MANUAL | PÉRDIDA DE<br>CARGA POR<br>LONGITUD<br>(Pa) | CÁLCULO DUCTSIZER | PÉRDIDA DE<br>CARGA<br>(inWC/100ft) | PÉRDIDA DE<br>CARGA<br>(inca) |
| A' - B'                | 7574  | 1596               | 24.61                         | 28" x 26"                | 0.083   | 6.101          | 0.106                                       | 0.026             | 6.491                               |                               |
| B' - C'                | 15149   | 1615               | 24.61                         | 40" x 36"                | 0.057   | 4.190          | 0.072                                       | 0.018             | 4.409                               |                               |
| C' - D'                | 22723   | 1579               | 24.61                         | 48" x 46"                | 0.042   | 3.087          | 0.053                                       | 0.013             | 3.246                               |                               |
| D' - E'                | 30298   | 1655               | 24.61                         | 54" x 52"                | 0.038   | 2.793          | 0.050                                       | 0.012             | 3.062                               |                               |
| E' - F'                | 37872   | 1669               | 24.61                         | 60" x 58"                | 0.031   | 2.279          | 0.045                                       | 0.011             | 2.756                               |                               |
| F' - G'                | 45447   | 1761               | 24.28                         | 66" x 60"                | 0.033   | 2.426          | 0.046                                       | 0.011             | 2.779                               |                               |
| G' - H'                | 53021   | 1816               | 24.61                         | 70" x 64"                | 0.035   | 2.573          | 0.046                                       | 0.011             | 2.817                               |                               |
| H' - I'                | 60595   | 1899               | 29.59                         | 72" x 68"                | 0.036   | 3.182          | 0.047                                       | 0.014             | 3.461                               |                               |
| I' - J'                | 68170   | 1962               | 13.78                         | 74" x 72"                | 0.028   | 1.152          | 0.048                                       | 0.007             | 1.646                               |                               |
| K' - J'                | 75744   | 2006               | 118.11                        | 76" x 74"                | 0.036   | 12.701         | 0.051                                       | 0.060             | 14.989                              |                               |
| J' - L'                | 7574  | 1596               | 11.48                         | 28" x 26"                | 0.083   | 2.847          | 0.106                                       | 0.012             | 3.028                               |                               |
| PÉRDIDA DE CARGA TOTAL |   |                    |                               |                          |   | 30.628         |   |                   | 33.695                              |                               |

Nota: La tabla está elaborado en Microsoft Excel.

Una vez determinadas las pérdidas de carga correspondientes a cada tramo, se procede a realizar la sumatoria total en el sistema métrico internacional, teniendo en cuenta la ruta más crítica o desfavorable. Esta ruta representa la mayor resistencia al flujo de aire dentro de la red del sistema de extracción. La identificación de este punto es importante para el diseño del sistema de ventilación ya que nos permite establecer la presión estática total que debe vencer el ventilador para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema.

$$P_t = 33.695 \text{ Pa}$$

#### 4.2.2.2. PÉRDIDA DE CARGA EN REJILLAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

Para el proceso de selección de rejillas del sistema de extracción, se sigue la misma metodología que el sistema de inyección y de acuerdo con lo recomendado en el libro de Carrier, la velocidad recomendada en las bocas de ingreso a la rejilla debe ser menor a 1500 fpm. Bajo este criterio se procede a identificar una rejilla comercial que cumpla con los requerimientos de caudal determinados en el diseño.

$$Q = 7\,574 \text{ cfm}$$

$$V < 1\,500 \text{ fpm}$$

La rejilla a utilizar se muestra en la siguiente imagen, la cual cumple con las especificaciones de caudal, velocidad y dimensiones adecuadas para la instalación. Las características se observan en el **ANEXO 11**.

**Figura 42**

Rejilla de extracción.

| Tamaño (plg)   | Velocidad del cuello (fpm) | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900  | 1000  |
|----------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|                | Presión estática (Ps)      | 0.006 | 0.013 | 0.024 | 0.037 | 0.054 | 0.073 | 0.095 | 0.12 | 0.149 |
| 48x24<br>36x32 | Flujo de aire (CFM)        | 1536  | 2304  | 3072  | 3840  | 4608  | 5376  | 6144  | 6912 | 7680  |
|                | Nivel de ruido (NC)        | -     | -     | -     | 16    | 22    | 27    | 31    | 35   | 39    |

Nota: Rejilla de Extracción tomado del catálogo (INNES).

Como se aprecia en la figura, se ha seleccionado una rejilla la cual puede manejar un caudal de hasta 7 680 cfm, con una velocidad de 1 000 fpm, con una potencia sonora de 39 dB, una pérdida de carga total de  $P_t = 0.149 \text{ in c.a.} \Rightarrow P_t = 37.077 \text{ Pa}$ . Las dimensiones de las rejillas del sistema de extracción son de 48" x 24".

A continuación, se procede al cálculo de las pérdidas de carga generadas en los accesorios del sistema de ventilación, tales como codos, reducciones o cambios de sección, derivaciones, etc. Para el cálculo se tiene el siguiente plano con el dimensionamiento correspondiente de cada tramo de ductos del sistema de extracción de aire.

### Figura 43

Dimensionamiento de los ductos de cada tramo en el sistema de extracción.



Nota: Distribución del sistema de extracción. Elaborado en AutoCAD.

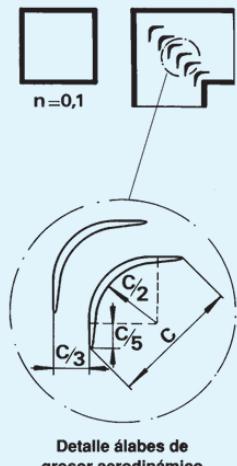
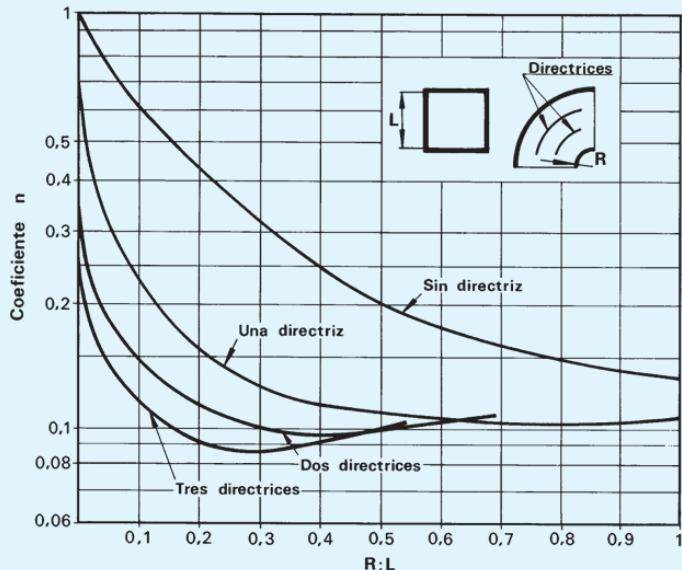
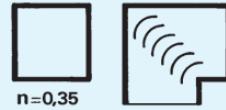
## CODO RECTO

Para codos rectos se tiene la siguiente figura, la cual nos permite hallar el coeficiente de la pérdida de carga y a partir de este, calcular la perdida de carga total correspondiente al accesorio dentro del sistema de ventilación. En el sistema de extracción se encuentra en el punto J' una T pero por la parte interna son dos codos con directrices para evitar que el flujo vuelva en sentido contrario.

**Figura 44**

## Codos rectos con directrices

## CODOS EN ANGULO RECTO CON DIRECTRICES



Nota: Coeficiente "n" de pérdida de carga para codos rectos con directrices. Tomado de (SALVADOR ESCODA S.A.).

A partir de la figura, se observa que el coeficiente correspondiente para ductos de sección cuadrada es de:

$$n = 0.35$$

Teniendo el valor del coeficiente de pérdida de carga "n", se reemplaza en la ecuación de pérdida de carga total.

$$P_t = n * P_d \text{ (mmca)}$$

$$P_t = 0.35 * 3.92 \text{ (mmca)}$$

$$P_t = 1.372 \text{ (mmca)} \Rightarrow P_t = 13.446 \text{ Pa}$$

A continuación, se tiene una tabla con las pérdidas de carga en los diferentes accesorios

del sistema de extracción.

**Tabla 12**

Pérdida de carga en accesorios del sistema de extracción.

| PÉRDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN |                    |  |                                     |                                   |
|---|--------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| TIPO  | COEFICIENTE<br>(n) | PÉRDIDA DE<br>CARGA DINÁMICA<br>(mmca) | PÉRDIDA DE<br>CARGA TOTAL<br>(mmca) | PÉRDIDA DE<br>CARGA TOTAL<br>(Pa) |
| CODO RECTANGULAR  | 0.26               | 3.92                                   | 1.019                               | 9.988                             |
| CODO RECTANGULAR  | 0.26               | 3.92                                   | 1.019                               | 9.988                             |
| CODO RECTANGULAR  | 0.26               | 3.92                                   | 1.019                               | 9.988                             |
| CODO RECTANGULAR  | 0.26               | 3.92                                   | 1.019                               | 9.988                             |
| CODO RECTO  | 0.7                | 3.92                                   | 2.744                               | 26.891                            |
| AUMENTO 72" - 74"                                       | 0.03               | 3.92                                   | 0.118                               | 1.152                             |
| CODO A 123°   | 0.69               | 3.92                                   | 2.705                               | 26.507                            |
| CODO A 123°   | 0.69               | 3.92                                   | 2.705                               | 26.507                            |
| AUMENTO 70" - 72"                                       | 0.03               | 3.92                                   | 0.118                               | 1.152                             |
| AUMENTO 66" - 70"                                       | 0.06               | 3.92                                   | 0.235                               | 2.305                             |
| CODO A 120°   | 0.72               | 3.92                                   | 2.822                               | 27.660                            |
| AUMENTO 60" - 66"                                       | 0.11               | 3.92                                   | 0.431                               | 4.226                             |
| AUMENTO 54" - 60"                                       | 0.1                | 3.92                                   | 0.392                               | 3.842                             |
| AUMENTO 48" - 54"                                       | 0.29               | 3.92                                   | 1.137                               | 11.141                            |
| AUMENTO 40" - 48"                                       | 0.21               | 3.92                                   | 0.823                               | 8.067                             |
| AUMENTO 28" - 40"                                       | 0.28               | 3.92                                   | 1.098                               | 10.756                            |
| AUMENTO 28" - 74"                                       | 0.83               | 3.92                                   | 3.254                               | 31.885                            |
| REDUCCIÓN 76" - 56"                                     | 0.15               | 3.92                                   | 0.588                               | 5.762                             |
| AUMENTO 56" - 76"                                       | 0.15               | 3.92                                   | 0.588                               | 5.762                             |
| PÉRDIDA DE CARGA TOTAL                                  |                    |  |                                     | 201.684                           |

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

En la siguiente tabla se observa el resumen de todas las pérdidas de carga correspondiente al sistema de extracción.

### Tabla 13

Pérdidas de carga en el sistema de extracción.

|   |            |
|---|------------|
| PÉRDIDA DE CARGA EN DUCTOS                        | 33.695 Pa  |
| PÉRDIDA DE CARGA EN REJILLAS                      | 37.077 Pa  |
| PÉRDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS                    | 201.684 Pa |
| PÉRDIDA DE CARGA EN TODO EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN | 272.456 Pa |

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

Haciendo una sumatoria de todos los datos obtenidos en el sistema de extracción, se tiene los siguientes valores de caudal y pérdida de carga.

$$Q = 128\,690 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow Q = 75\,744 \text{ cfm} \Rightarrow Q = 35\,747 \text{ l/s}$$

$$P_t = 272.456 \text{ Pa}$$

Multiplicando la pérdida de carga por el factor de seguridad que es de 20%, se tiene:

$$P_t = 272.456 \text{ Pa} * 1.2$$

$$P_t = 326.947 \text{ Pa}$$

Revisando la clasificación de ducto, se puede observar que el sistema de inyección y el sistema de extracción, al trabajar con 8m/s de velocidad y tener una pérdida de presión total de:

$$P_t = 320.413 \text{ Pa} \Rightarrow P_t = 32.69 \text{ mmca}, \text{ en el sistema de inyección}$$

$$P_t = 326.947 \text{ Pa} \Rightarrow P_t = 33.36 \text{ mmca}, \text{ en el sistema de extracción}$$

Corresponden a un sistema de baja velocidad y de baja presión como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 14**

Clasificación de ductos

| CLASIFICACIÓN DE DUCTOS |  |
|-------------------------|--|
| VELOCIDAD               |  |
| Baja velocidad          | Hasta 12m/s (2362fpm)                            |
|                         | Normalmente entre 6m/s a 12m/s (1181 a 2362fpm)  |
| Alta velocidad          | De 12 a 15m/s (2362 a 2952fpm)                   |
|                         | Normalmente entre 12m/s a 15m/s (2362 a 2952fpm) |
| PRESIÓN                 |  |
| Baja presión            | Hasta 90mmca (3.54inca)                          |
| Media presión           | Desde 90 a 180 mmca (3.54 a 7.08inca)            |
| Alta presión            | Desde 180 a 300mmca (7.08 a 11.81inca)           |

Nota: La clasificación de ductos se tomó de (Andres, 2020) .

Posteriormente, se determinan los espesores de la plancha galvanizada a baja presión en ductos rectangulares necesario para la construcción de los ductos.

**Figura 45**

Construcción recomendada para ductos de chapa galvanizada

| CONSTRUCCION RECOMENDADA PARA CONDUCTOS DE CHAPA METALICA RECTANGULARES SISTEMA DE BAJA PRESION |                          |       |          |       |  |  |  |  |
|---|--------------------------|-------|----------|-------|--|--|--|--|
| DIMENSIÓN MAYOR DEL CONDUCTO (cm)   | ESPESOR DE LA CHAPA (mm) |       |          |       | CONSTRUCCION RECOMENDADA   |  |  |  |
|   | ACERO                    |       | ALUMINIO |       |  |  |  |  |
|   | CONDUCTO                 | GRAPA | CONDUCTO | GRAPA |  |  |  |  |
| Hasta 60  | 0.6                      | 0.6   | 0.6      | 0.8   | Grapa deslizante o grapa en S, separado 2.5 m o menos  |  |  |  |
| De 60 a 80  | 0.6                      | 0.6   | 0.6      | 0.8   | Grapa deslizante o grapa en S, separado 1.2 m o menos  |  |  |  |
| De 80 a 150   | 0.8                      | 0.8   | 0.8      | 1     |  |  |  |  |
| De 150 a 180  | 1                        | 1     | 1        | 1.5   | Grapa deslizante reforzada, o grapa a escuadra reforzada, separado 1.2m o menos.<br>Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40x40x4mm, o zuncho angular de las mismas dimensiones situada a mitad de distancia entre juntas.   |  |  |  |
| De 180 a 225  | 1                        | 1     | 1        | 1.5   | Grapa deslizante reforzada, o grapa a escuadra reforzada, separado 1.2m o menos.<br>Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40x40x4mm, o zuncho angular de las mismas dimensiones situada a mitad de distancia entre juntas.<br>Tirante de hierro de 30x3mm para anchura de conducto de 180 a 225cm.   |  |  |  |
| 225 y mas   | 1.5                      | 1     | 1.5      | 1.5   | Grapa deslizante reforzada, o grapa a escuadra reforzada, separado 1.2m o menos.<br>Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40x40x4mm, o zuncho angular de las mismas dimensiones situada a mitad de distancia entre juntas.<br>Tirante de hierro de 30x3mm para anchura de conducto de 225 a 300cm.<br>Tirante de hierro de 30x3mm separado 120cm para anchuras de conducto de 300cm o más. |  |  |  |

Nota: Figura tomada de (Carrier Air Conditioning Company, 1980,p.212).

Para seleccionar el espesor de la chapa metálica, se necesita la dimensión mayor del ducto, por lo tanto, del dimensionamiento que se hizo anteriormente en el tramo vertical del sistema de inyección y extracción se tiene 76" de dimensión mayor que equivale a 190cm, entonces se selecciona un espesor de 1mm. El material será de plancha de acero galvanizado debido a que es un uno de los materiales más empleados en sistemas de ventilación con las características de construcción recomendada de la figura.

#### 4.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

Para la selección de los equipos del sistema de ventilación, se utilizará el programa de SODECA QuickFan Selector, lo cual requiere como datos de entrada las condiciones ambientales a las que trabajarán los equipos. Se requiere la densidad del aire en Cusco.

Densidad del aire:  $\rho = 0.81 \frac{kg}{m^3}$

#### 4.3.1. SELECCIÓN DEL VENTILADOR PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN

Con los datos de caudal y pérdida de presión que se calcularon previamente, junto las condiciones de aire como densidad, temperatura y altitud.

$$\text{Caudal: } Q = 128\,690 \text{ } m^3/h \Rightarrow Q = 75\,744 \text{ } cfm \Rightarrow Q = 35\,747 \text{ } l/s$$

$$\text{Pérdida de presión: } P_t = 320.413 \text{ } Pa \Rightarrow P_t = 321 \text{ } Pa$$

Densidad del aire:  $\rho = 0.81 \frac{kg}{m^3}$

Temperatura °C: 15°C

Altitud: 3400 msnm

Se procede a ingresar los datos en el programa, obteniéndose los modelos de ventiladores que cumplen con el punto de operación requerido. En la siguiente figura se muestran los modelos de ventiladores seleccionados.

#### **Figura 46**

Modelo de ventilador helicoidal del sistema de inyección

The screenshot shows the SODECA Quickfan Selector software interface. On the left, there's a sidebar with various navigation options like Catalogo, Seleccion, Comparar, Proyectos, Herramientas, and DECACLIMA. The main area has two tabs: 'Selección' and 'Modelos'. Under 'Selección', there are sections for 'Productos' (set to 'Unidades de Ventilación') and 'Parámetros de selección' (including 'Presión estática' set to 75744 Pa). Under 'Modelos', there's a table titled 'MODELOS CON ÁNGULO/RPM Y MOTOR PERSONALIZADOS SEGÚN PUNTO DE DISEÑO (10 MODELOS)'. The table lists ten models with their respective parameters: THT-125-4T/6-50-22°-F-300, THT-CL-125-4T/6-50-22°-F-300, THT-125-4T/6-50-22°-F-400, THT/CL-125-4T/6-50-22°-F-400, HGT-140-6T/9-40-26° 60HZ, HGT-160-8T/9-40-26° 60HZ, CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-300, THT-160-6T/9-50-14°-F-300, HGT-160-6T/6-40-18° 60HZ, and CJTHT-125-4T/6-F-400. The table includes columns for 'Modelo', 'Punto de diseño (Pa)', 'Serie', 'Presión', 'Velocidad máxima (m³/h)', 'Potencia (W)\*\*', 'Radio de giro (mm)', 'Presión mecánica (Pa)', 'Masa media (kg/m³)', 'Altura (m)', and 'Número máx. resultados'. A note at the bottom states: '(\*) Potencia Mecánica Nominal excepto para valores con \* que son Potencia Eléctrica Máx. (\*\*\*) Valores de acústica calculados para el punto de operación.'

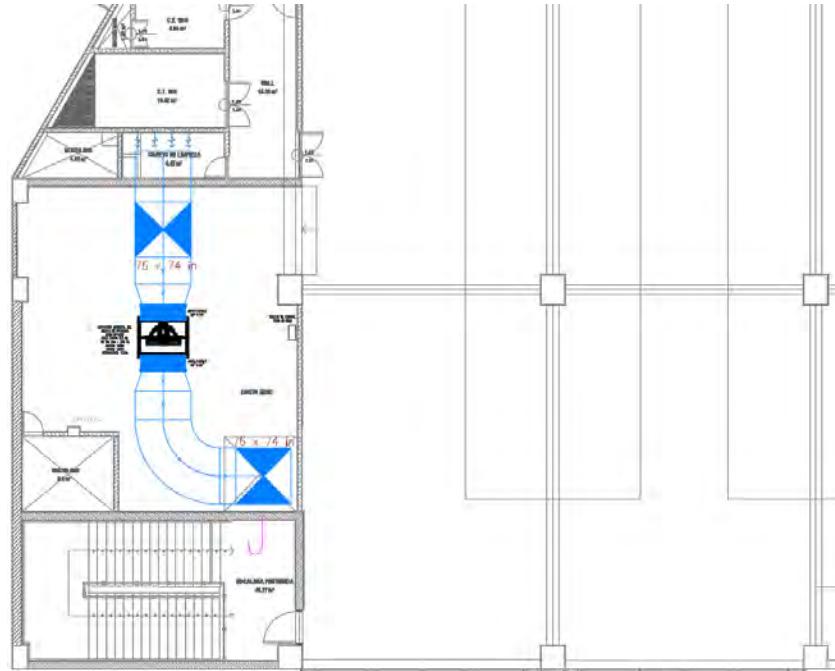
| Modelo  | Punto de diseño (Pa) | Serie       | Presión | Velocidad máxima (m³/h) | Potencia (W)** | Radio de giro (mm) | Presión mecánica (Pa) | Masa media (kg/m³) | Altura (m) | Número máx. resultados |
|---|----------------------|-------------|---------|-------------------------|----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|------------|------------------------|
| THT-125-4T/6-50-22°-F-300...                                    | 1764                 | 380-480 V D | 60/3    | 70,6                    | 37             | 108                | 375                   | 29,47              | 76618      | 328,5                  |
| THT-CL-125-4T/6-50-22°-F-300...                                 | 1764                 | 380-480 V D | 60/3    | 70,6                    | 37             | 108                | 408                   | 29,47              | 76618      | 328,5                  |
| THT-125-4T/6-50-22°-F-400...                                    | 1752                 | 380-480 V D | 60/3    | 69,9                    | 37             | 108                | 502                   | 29,47              | 76618      | 328,5                  |
| THT/CL-125-4T/6-50-22°-F-400...                                 | 1752                 | 380-480 V D | 60/3    | 69,9                    | 37             | 108                | 535                   | 29,47              | 76618      | 328,5                  |
| HGT-140-6T/9-40-26° 60HZ  | 1170                 | 380-480 V D | 60/3    | 55,4                    | 30             | 108                | 652                   | 23,29              | 75970      | 322,9                  |
| HGT-160-8T/9-40-26° 60HZ  | 852                  | 380-480 V D | 60/3    | 61                      | 30             | 101                | 730                   | 17,81              | 75862      | 322                    |
| <input checked="" type="radio"/> CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-300... | 1764                 | 380-480 V D | 60/3    | 70,6                    | 37             | 103                | 539                   | 29,47              | 76618      | 328,5                  |
| THT-160-6T/9-50-14°-F-300...                                    | 1164                 | 380-480 V D | 60/3    | 71,4                    | 37             | 103                | 430                   | 17,9               | 76272      | 325,5                  |
| HGT-160-6T/6-40-18° 60HZ  | 1170                 | 380-480 V D | 60/3    | 55,4                    | 30             | 103                | 728                   | 18,49              | 78754      | 347                    |
| <input type="radio"/> CJTHT-125-4T/6-F-400                      | 1752                 |             |         |                         | 37             |                    |                       | 29,47              | 76618      | 328,5                  |

Nota: Modelos de ventiladores. Tomada del programa SODECA Quickfan Selector.

Se seleccionará el modelo CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-300 60HZ con caja aislada acústicamente, el cual cumple con las condiciones requeridas. Ver características **ANEXO 13**.

#### Figura 47

Equipo de ventilación del sistema de inyección en el techo.



Nota: Ventilador helicoidal instalado en el techo. Elaborado en AutoCAD.

#### 4.3.2. SELECCIÓN DEL VENTILADOR PARA EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

Con los datos de caudal y pérdida de presión que se calcularon previamente, junto las condiciones de aire como densidad, temperatura y altitud.

$$\text{Caudal: } Q = 128\,690 \text{ } m^3/h \Rightarrow Q = 75\,744 \text{ } cfm \Rightarrow Q = 35\,747 \text{ } l/s$$

$$\text{Pérdida de presión: } P_t = 326.947 \text{ } Pa \Rightarrow P_t = 327 \text{ } Pa$$

$$\text{Densidad del aire: } \rho = 0.81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Temperatura °C: 15°C

Altitud: 3400 msnm

Se procede a ingresar los datos en el programa, obteniéndose los modelos de ventiladores que cumplen con el punto de operación requerido. En la siguiente figura se muestran los modelos de ventiladores seleccionados.

**Figura 48**

Modelo de ventilador helicoidal del sistema de extracción

The screenshot shows the SODECA Quickfan Selector software interface. On the left, there's a sidebar with various navigation options like Catalogo, Comparar, Proyectos, Herramientas, DECACLIMA, Opciones, and Ayuda. The main area has two tabs: 'Selección' and 'Modelos'. Under 'Selección', there are sections for 'Productos' (set to 'Unidades de Ventilación') and 'Parámetros de selección' (including Presión estática: 75744 Pa, Densidad aire: 1.27 kg/m³, Temp. y Altitud: 15 °C, Altura frit: 3400 msnm, and Nivel máx. ruido: 10 dB). Under 'Modelos', there's a section titled 'MODELOS CON ÁNGULO/RPM Y MOTOR PERSONALIZADOS SEGÚN PUNTO DE DISEÑO (10 MODELOS)' which lists ten fan models with their respective parameters. A note at the bottom states: '(\*) Potencia Mecánica Nominal medida para valores en cm³/s con un Polímero Eléctrica Motor. (\*\*\*) Valores de acústica calculados para el punto de operación.'

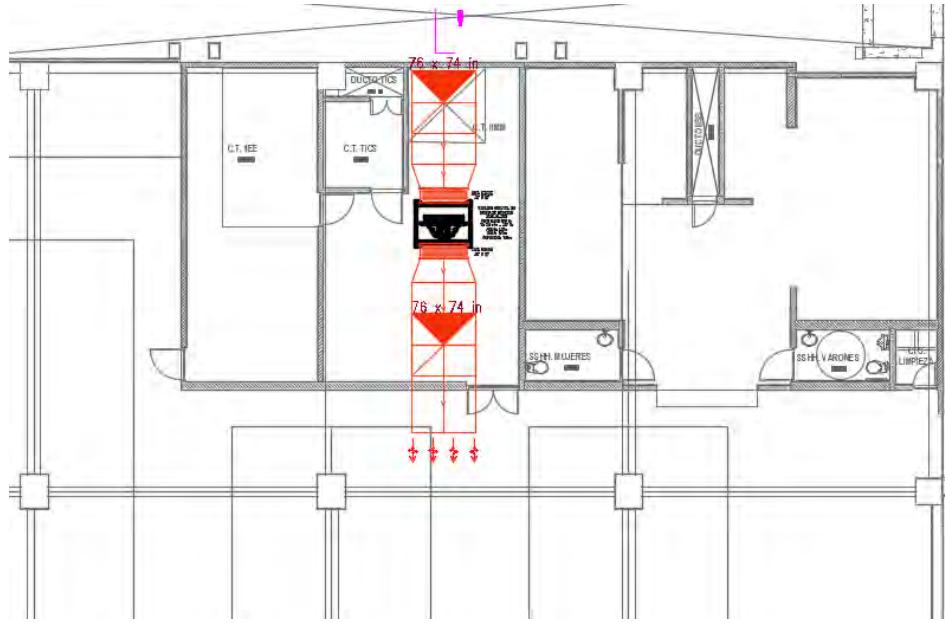
|  | Velocidad (rmp) | Presión     | Hs (Pa) | Consumo (A) | Velocidad óptima (rmp) | Pot. potencia (W) | Peso (kg) | Altitud máx. admisible (m) | Altura frit (m) | Presión (Pa) |       |
|--|-----------------|-------------|---------|-------------|------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|-----------------|--------------|-------|
| <input type="radio"/> THT-125-4T/6-50-22°-F-300...             | 1764            | 380-480 V D | 60/3    | 70,6        | 37                     | 108               | 375       | 29,42                      | 76493           | 333,5        |       |
| <input type="radio"/> THT-125-4T/6-50-22°-F-3...               | 1764            | 380-480 V D | 60/3    | 70,6        | 37                     | 108               | 408       | 29,42                      | 76493           | 333,5        |       |
| <input type="radio"/> THT-125-4T/6-50-22°-F-400...             | 1752            | 380-480 V D | 60/3    | 69,9        | 37                     | 108               | 502       | 29,42                      | 76493           | 333,5        |       |
| <input type="radio"/> THT/CL-125-4T/6-50-22°-F-4...            | 1752            | 380-480 V D | 60/3    | 69,9        | 37                     | 108               | 535       | 29,42                      | 76493           | 333,5        |       |
| <input checked="" type="radio"/> CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-30... | 1764            | 380-480 V D | 60/3    | 70,6        | 37                     | 103               | 539       | 29,42                      | 76493           | 333,5        |       |
| <input type="radio"/> HGT-160-8T/9-40-28° 60HZ                 | 852             | 380-480 V D | 60/3    | 61          | 30                     | 101               | 730       | 18,16                      | 77365           | 341,1        |       |
| <input type="radio"/> THT/CL-140-6T/9-50-28°-F-3...            | 1164            | 380-480 V D | 60/3    | 71,4        | 37                     | 108               | 521       | 24,09                      | 78580           | 351,9        |       |
| <input type="radio"/> HGT-160-6T/6-40-18° 60HZ                 | 1170            | 380-480 V D | 60/3    | 55,4        | 30                     | 103               | 728       | 18,41                      | 78412           | 350,4        |       |
| <input type="radio"/> THT-160-6T/9-50-14°-F-300...             | 1164            | 380-480 V D | 60/3    | 71,4        | 37                     | 103               | 430       | 17,84                      | 75999           | 329,2        |       |
| <input type="radio"/> THT-140-6T/9-F-300 60HZ                  | 1164            |             |         |             |                        |                   | 45        |                            | 24,09           | 78580        | 351,9 |

Nota: Modelos de ventiladores. Tomada del programa SODECA Quickfan Selector.

Se seleccionará el mismo modelo que en el sistema de inyección CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-300 60HZ con caja aislada acústicamente, el cual cumple con las condiciones requeridas, ver características **ANEXO 13**.

#### Figura 49

Equipo de ventilación del sistema de extracción en el techo.



Nota: Ventilador helicoidal instalado en el techo. Elaborado en AutoCAD.

#### 4.3.3. SELECCIÓN DE LOS VENTILADORES JET FANS

Para la selección de los equipos jet fans se seguirá el procedimiento de cálculo de ventiladores jet fans. Como primer paso se calculará la velocidad inducida.

- Velocidad inducida.

La velocidad inducida es la velocidad con la que recorre la distancia de entrada y salida de ventilación. Para lo cual se necesita saber las renovaciones de aire por segundo dentro del estacionamiento y la distancia de ingreso y salida del aire.

$$V_i = L * R$$

Donde:

$V_i$ : Velocidad inducida.

L: Longitud de ingreso y salida del aire.

R: Número de renovaciones por segundo.

$$R = 5 \text{ renov/hora} \Rightarrow R = 0.0014 \text{ renov/seg}$$

$$L = 81m$$

Remplazando en la ecuación.

$$V_i = 81 * 0.0014$$

$$V_i = 0.1134 \text{ m/seg}$$

#### - Cálculo de Fuerza

Para el cálculo de la fuerza de empuje, se debe elegir un posible equipo jet fan. Elegiremos el modelo HCT/IMP-LS-UNI-35-2T-1.5, este ventilador trabaja con un caudal de  $3743 \text{ cfm}$  y un diámetro de ventilador de  $0.386 \text{ mm}$ .

**Figura 50**

Equipo jet fan

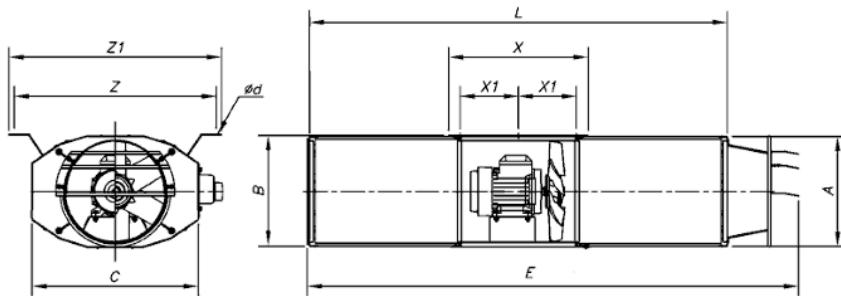
#### DIMENSIONES

| A   | B   | C   | $\emptyset d$ | E    | L    | X   | X1  | Z   | Z1  |
|-----|-----|-----|---------------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 383 | 386 | 523 | 12x26         | 1410 | 1200 | 400 | 167 | 614 | 644 |

Las dimensiones sin unidades definidas explícitamente se muestran en milímetros (mm). Dimensiones dependientes del motor son aproximadas

Peso aprox. (kg)

62



Nota: Tomado del catálogo de (SODECA, s.f.).

$$F = \frac{4}{\pi} * \rho * \left(\frac{Q}{\emptyset}\right)^2$$

Donde:

F: Fuerza de empuje del jet fan.

$\rho$ : Densidad del aire  $\rho = 0.81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

$Q$ : Caudal con el que trabaja el equipo jet fan  $Q = 3\ 743\ cfm \Rightarrow Q = 6\ 359\ m^3/h \Rightarrow$

$$Q = 1.77\ m^3/seg.$$

$\emptyset$ : Diámetro del equipo del jet fan  $\emptyset = 0.386\ mm.$

$$F = \frac{4}{\pi} * \rho * \left(\frac{Q}{\emptyset}\right)^2$$

Reemplazando en la ecuación.

$$F = \frac{4}{\pi} * 0.81 * \left(\frac{1.77}{0.386}\right)^2$$

$$F = 21.68\ N$$

- Área a Ventilar

El área que el jet fan puede ventilar. Se tiene la siguiente ecuación.

$$Sp_n = \frac{F}{0.52 * \rho * V_i^2}$$

Reemplazando en la ecuación.

$$Sp_n = \frac{21.68}{0.52 * 0.81 * 0.1134^2}$$

$$Sp_n = 4\ 002.6\ m^2$$

- Cálculo de la Longitud Dardo.

La longitud del dardo, es la longitud que el equipo jet fan impulsa al aire y mantiene una velocidad efectiva mínima, según la norma ASHRAE de 0.25 m/s.

$$L_d = 5 * \frac{V_o}{V_i} * \emptyset$$

Donde:

$L_d$ : Longitud de alcance del aire.

$V_i$ : Velocidad inducida.

$\emptyset$ : Diámetro del equipo del jet fan  $\emptyset = 0.386 \text{ mm}$

$V_o$ : Velocidad de salida del aire del jet fan.

Para la velocidad de salida del aire del jet fan se tiene la siguiente ecuación.

$$V_o = \frac{Q}{S_v}$$

Donde:

$Q$ : Caudal con el que trabaja el equipo jet fan  $Q = 1.77 \text{ m}^3/\text{seg.}$

$S_v$ : Sección del ventilador.

$$S_v = \frac{\pi}{4} * \emptyset^2$$

Reemplazando en las ecuaciones.

$$S_v = \frac{\pi}{4} * 0.386^2$$

$$S_v = 0.117 \text{ m}^2$$

$$V_o = \frac{1.77}{0.117}$$

$$V_o = 15.12 \text{ m/s}$$

Reemplazando en la ecuación principal.

$$L_d = 5 * \frac{15.12}{0.1134} * 0.386$$

$$L_d = 257.33 \text{ m}$$

- Distancia entre equipos jet fan

Una vez que ya se conoce la distancia de empuje y el área a ventilar, podemos hallar la distancia entre equipos.

$$\text{Distancia entre equipos} = \frac{Sp_n}{L_d}$$

$$\text{Distancia entre equipos} = \frac{4\ 002.6}{257.33}$$

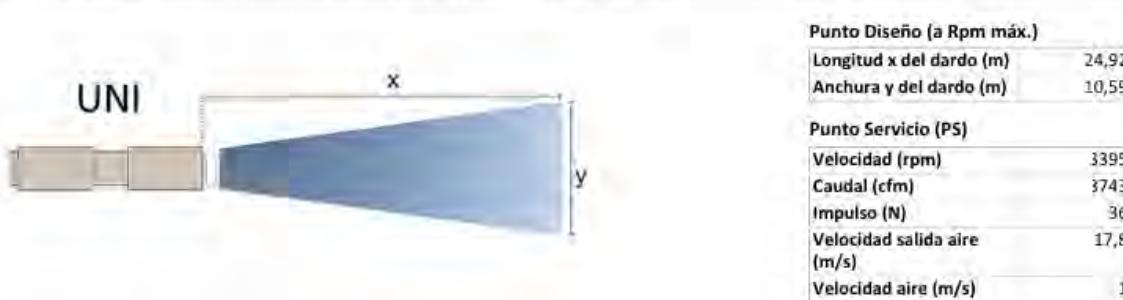
$$\text{Distancia entre equipos} = 15.55 \text{ m}$$

Se elige el equipo que se propuso en un inicio, Ventilador Tubo axial Jet fan HCT/IMP-LS-UNI-35-2T-1.5, el cual cumple con los cálculos realizados. Tiene un peso de 62 kg, trabaja con un caudal de  $Q = 6\ 359 \text{ m}^3/\text{h}$ , una velocidad de impulsión de  $15.12 \text{ m/s}$ . Ver características detalladas en el **ANEXO 14**.

**Figura 51**

Ventilador HCT/IMP-L-UNI-50-4T-0.75

**DARDO CARACTERÍSTICO Y ACÚSTICA A 20°C OMSNM 1,2KG/M³**



Nota: Modelo de ventilador. Tomado del catálogo de (SODECA, s.f.).

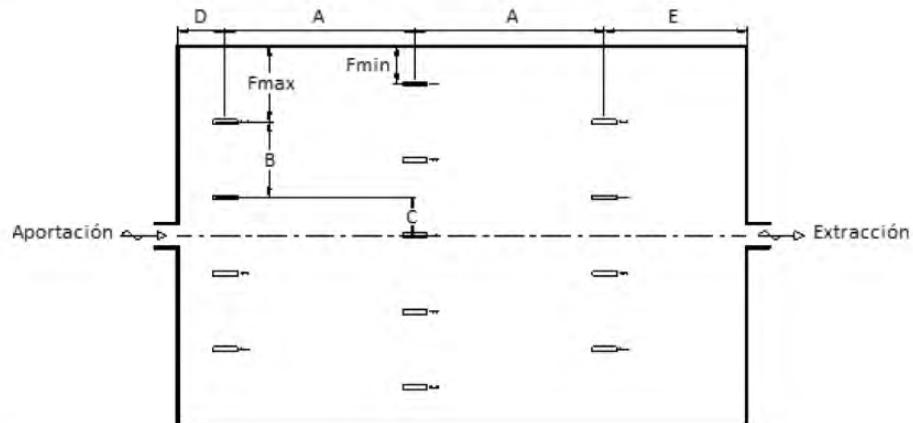
Para verificar el cálculo de la posición de los equipos jet fans se tomará como referencia la norma UNE-100166, la cual establece los criterios de diseño y ubicación de los equipos jet fans dentro del estacionamiento.

Dicha normativa de origen español, proporciona los requisitos técnicos sobre separación, orientación y cobertura de los ventiladores jet fans, con el fin de garantizar una distribución uniforme del flujo de aire y una evacuación eficiente del monóxido de carbono. En la siguiente figura se observa las distancias máximas y mínimas que deben tener entre los equipos jet fans.

**Figura 52**

Dimensiones para el posicionamiento de los equipos jet fans.

En la figura 10 se definen las dimensiones para el posicionamiento de los ventiladores de impulso



#### Leyenda

- A Distancia en sentido longitudinal entre columnas de ventiladores de impulso
- B Distancia en sentido transversal entre ventiladores de impulso en una misma columna
- C Distancia en sentido transversal entre ventiladores de impulso ubicados en columnas consecutivas
- D Distancia en sentido longitudinal entre las aberturas de admisión de aire exterior y los ventiladores de impulso
- E Distancia en sentido longitudinal entre los ventiladores de impulso y las aberturas de extracción
- F Distancia en sentido transversal entre los ventiladores de impulso y las paredes longitudinales del aparcamiento o columnas

Nota: Tomada de la Normativa (UNE 100166 Norma Española, 2019).

**Figura 53**

Tabla de distancias de los equipos jet fans

**Tabla 6 - Distancias máximas y mínimas de los ventiladores de impulso axiales**

|   |      | Empuje (N) | 23 | 40 | 62 |
|---|------|------------|----|----|----|
| Distancia (m)   |      |            |    |    |    |
| A   | Máx. | 26         | 32 | 42 |    |
|   | Mín. | 13         | 16 | 21 |    |
| B   | Máx. | 10         | 12 | 16 |    |
| C   | Máx. | 4          | 6  | 8  |    |
| D   | Máx. | 7          | 7  | 7  |    |
|   | Mín. | 2          | 2  | 2  |    |
| E   | Máx. | 28         | 33 | 43 |    |
|   | Mín. | 14         | 17 | 21 |    |
| F   | Máx. | 8          | 8  | 8  |    |
|   | Mín. | 2          | 2  | 2  |    |
| NOTA Se considera una tolerancia del +/- 10% en los valores de Empuje (N) de los ventiladores de impulso axiales. |      |            |    |    |    |

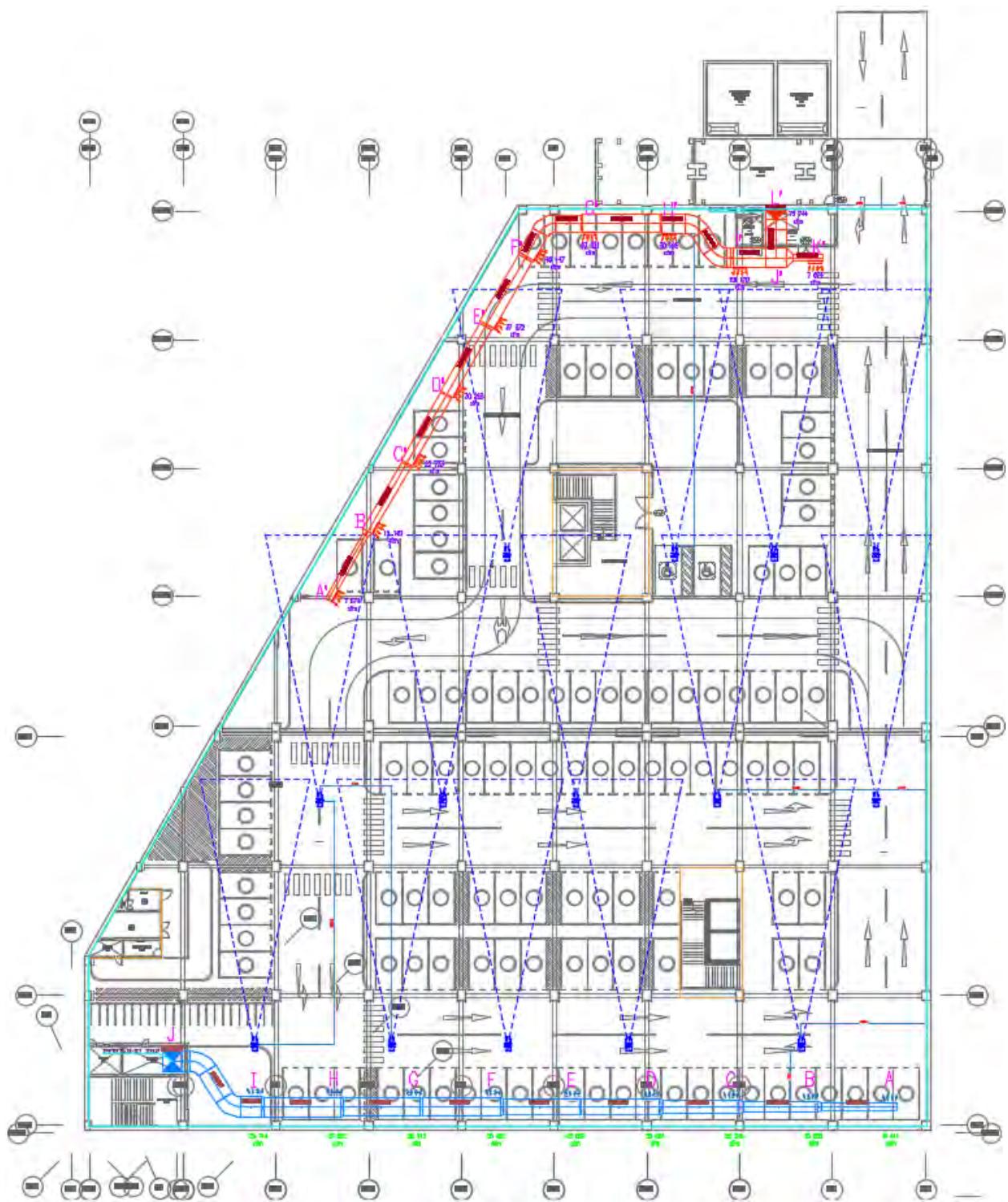
En caso de disponer de ventiladores con empujes intermedios se podría establecer una relación de proporcionalidad siempre y cuando se justifique debidamente.

Nota: Tomada de la Normativa (UNE 100166 Norma Española, 2019).

En la siguiente figura se muestra el diseño de la distribución que se hizo en el estacionamiento con los equipos jet fans seleccionados. Ver los planos con las dimensiones.

#### **Figura 54**

Distribución de los equipos jet fans



Nota: Distribución de los equipos jet fans. Elaborado en AutoCAD.

Se instalará 14 equipos de ventilación Jet fans, distribuidos según se muestre en la figura anterior, teniendo en cuenta su rango de alcance y la distancia entre equipos y evitando los lugares

cerrados donde se encuentran las escaleras y ascensores para subir a los niveles superiores.

#### 4.3. SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

Los sensores de monóxido de carbono cumplen un papel muy importante en los sistemas de ventilación dentro de los estacionamientos, ya que permiten mantener el nivel de concentración de monóxido de carbono dentro de los límites seguros para las personas. Estos dispositivos detectan en tiempo real la concentración de monóxido de carbono CO presente en el ambiente y envían una señal eléctrica al sistema de control y en consecuencia a los ventiladores para su funcionamiento según la configuración establecida. Ver características detalladas del sensor en el

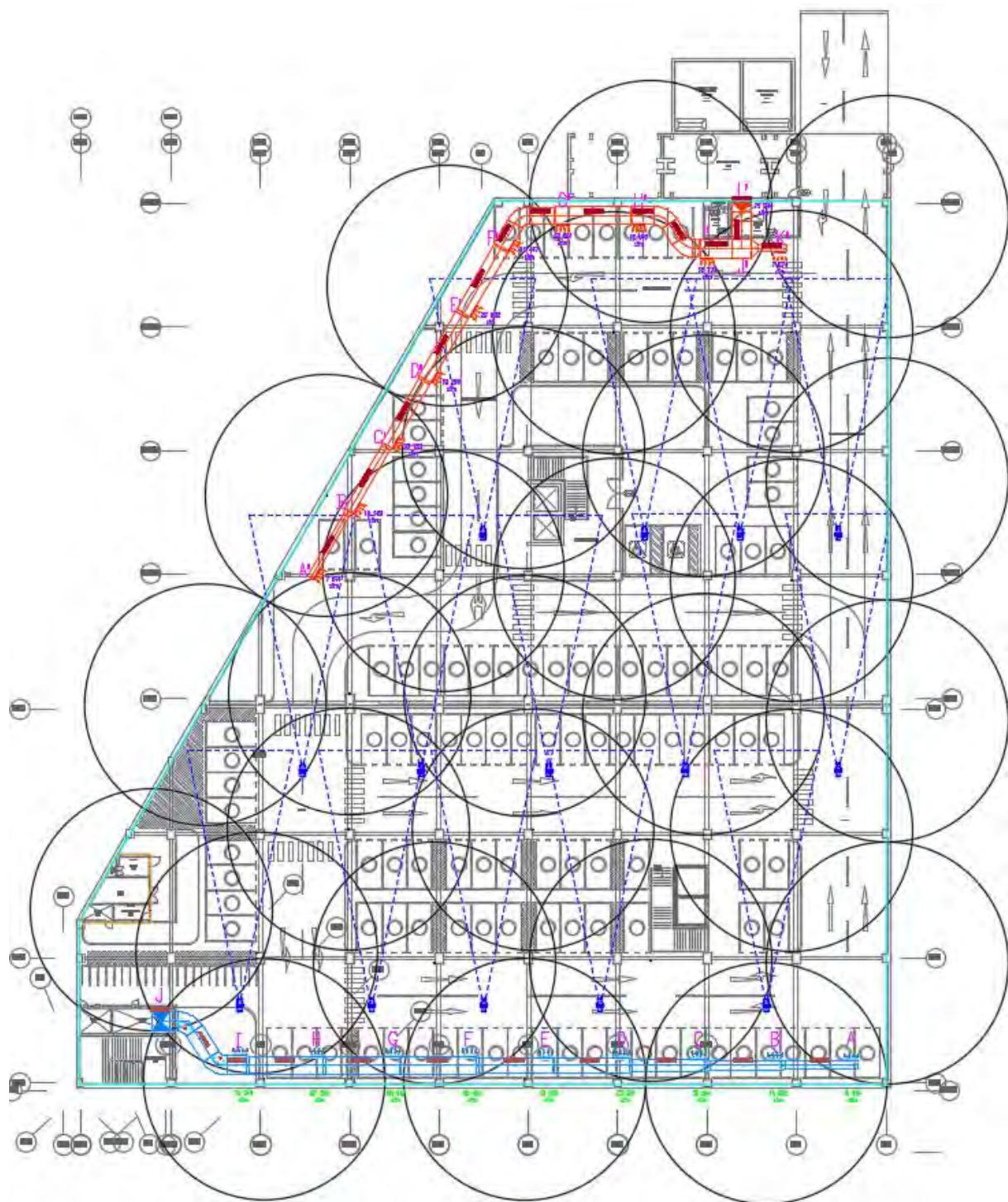
#### **ANEXO 15**

Cuando la concentración de monóxido de carbono llegue a los 35 ppm, el sensor enviará una señal al sistema de control para activar los ventiladores en modo automático, con el fin de renovar el aire y así reducir el contaminante.

Los sensores se instalarán a una altura de 1.5 m del suelo en orientación vertical, cubren un área de 5000 pies cuadrados que son 464.6 metros cuadrados por cada sensor. A continuación, se muestra la distribución de los sensores de monóxido de carbono dentro del estacionamiento considerando las recomendaciones de la ficha técnica del fabricante.

**Figura 55**

Distribución de los sensores de monóxido de carbono.



Nota: Distribución de los sensores de monóxido de carbono. Elaborado en AutoCAD.

Se colocarán 28 sensores de monóxido de carbono distribuidos en todo el estacionamiento permitiendo una detección más completa y eficiente en todas las zonas del estacionamiento.

#### 4.4. SENSOR DE HUMO

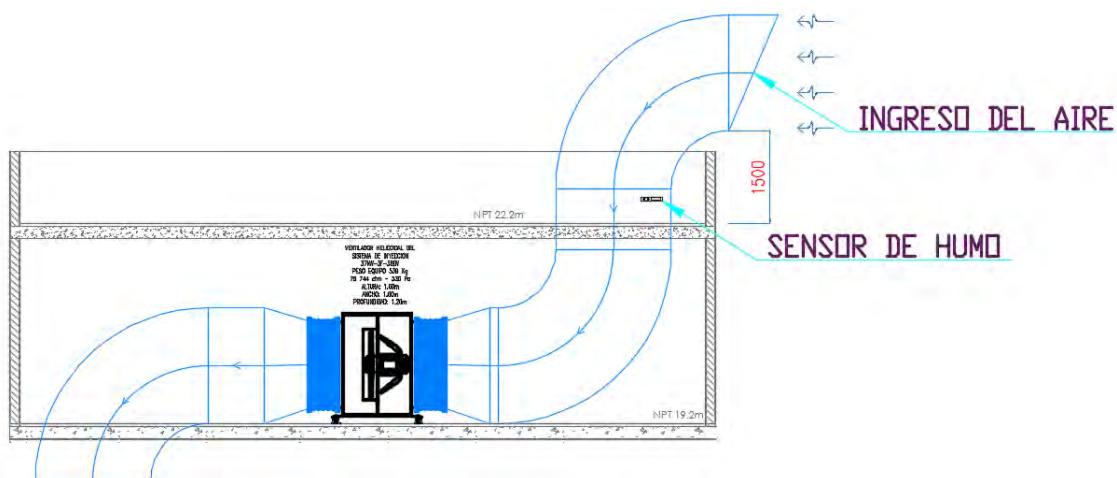
La ubicación del sensor de humo al ingreso del ducto del sistema de inyección de aire constituye un elemento fundamental dentro del diseño del sistema de ventilación mecánica. Este sensor tiene la función de supervisar continuamente la presencia de partículas de humo que puedan indicar una condición anómala o la ocurrencia de un incendio en el entorno del estacionamiento.

Cuando el sensor identifica la presencia de humo en el aire de ingreso, envía una señal eléctrica al tablero de control generando una orden de desconexión automática. Este procedimiento permite detener el funcionamiento del ventilador para evitar que el aire contaminado con humo sea impulsado hacia el interior del estacionamiento.

De acuerdo con las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, en la norma EM.050 – Ventilación, establece que los sistemas de ventilación mecánica deben contar con mecanismos de protección y control que eviten el ingreso de contaminantes del exterior.

**Figura 56**

Ubicación del sensor de humo



Nota: Elaborado en AutoCAD.

#### 4.5. SIMULACIÓN CFD

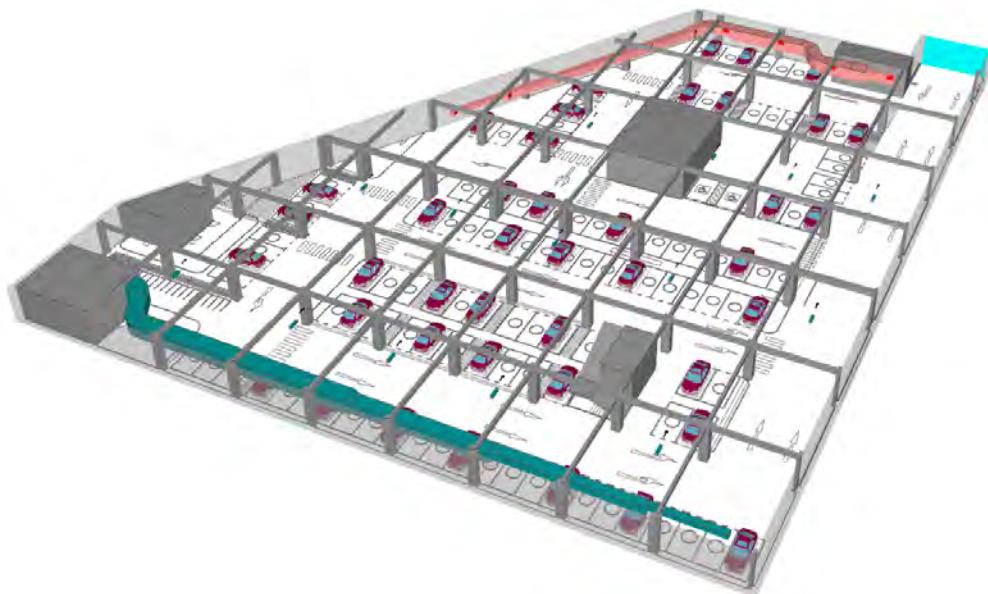
La validación del sistema de control de monóxido de carbono se efectuó mediante un análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD), el servicio fue contratado a la empresa SODECA, empresa especializada en la fabricación e importación de equipos de ventilación mecánica.

El diseño del sistema de ventilación en el estacionamiento fue evaluado a través de una simulación computacional, en el cual se presentaron las condiciones reales de operación con el fin de analizar el comportamiento del fluido de aire y la dispersión del contaminante. Se simuló de la siguiente forma.

- Como primer paso se definen los límites del estacionamiento a ventilar tomando como referencia los planos arquitectónicos del proyecto. Se establecen las dimensiones reales de los elementos estructurales como vigas, columnas muros, ya que estos componentes afectan directamente el comportamiento del flujo de aire.

**Figura 57**

Modelo 3D del estacionamiento



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

- Para el análisis se consideró el escenario más crítico, correspondiente a la situación en el que todo el estacionamiento está contaminado con una concentración de 50 ppm de monóxido de carbono conforme a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones como condición para la activación del sistema de ventilación mecánica. Cabe señalar que esta condición representa un supuesto escenario para evaluar el comportamiento del sistema de ventilación bajo un escenario extremo, dado que, en la práctica, la contaminación es parcial suficiente para que los sensores de CO detecten el incremento y activen el sistema de ventilación mecánica.
- Se ingresan la cantidad total de espacio para estacionamiento de vehículo, la cantidad de vehículos en funcionamiento, las rejillas de inyección y extracción con sus respectivas dimensiones y caudales, los equipos de ventilación jet fans de acuerdo el diseño realizado anteriormente.
- El tamaño de la malla es lo suficientemente fino para que le comportamiento del dardo del ventilador de inducción se acerque a la realidad. Mallados más gruesos pueden generar caudales de arrastre irreales. El tamaño de mallado que se utilizó fue de 160x160x160 mm.

### **Figura 58**

Ubicación de los ductos y ventiladores



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

- Se procede a simular para observar la dirección en la que va el flujo de aire dentro del estacionamiento y evaluar el comportamiento para ver si es eficiente el diseño de evacuación de monóxido de carbono. Los resultados se presentan en las siguientes figuras a una distribución horizontal por capas a una altura de 1.50 m del piso terminado, el cual se considera representativa de la zona de respiración de los ocupantes dentro del estacionamiento.

**Figura 59**

Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=0 minutos



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

- En las siguientes figuras se observará el comportamiento del fluido en diferentes instantes de tiempo.

**Figura 60**

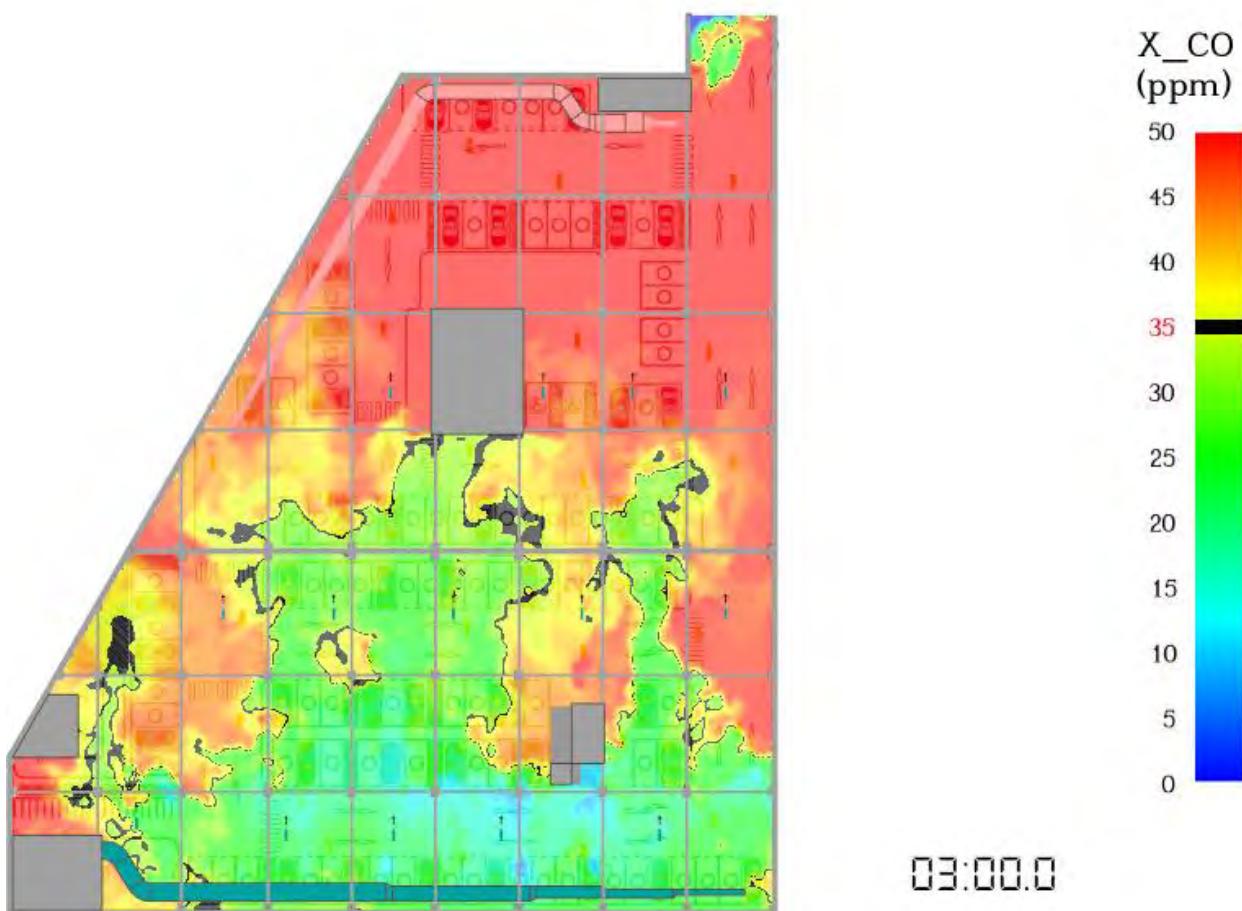
Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=1 minuto



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

**Figura 61**

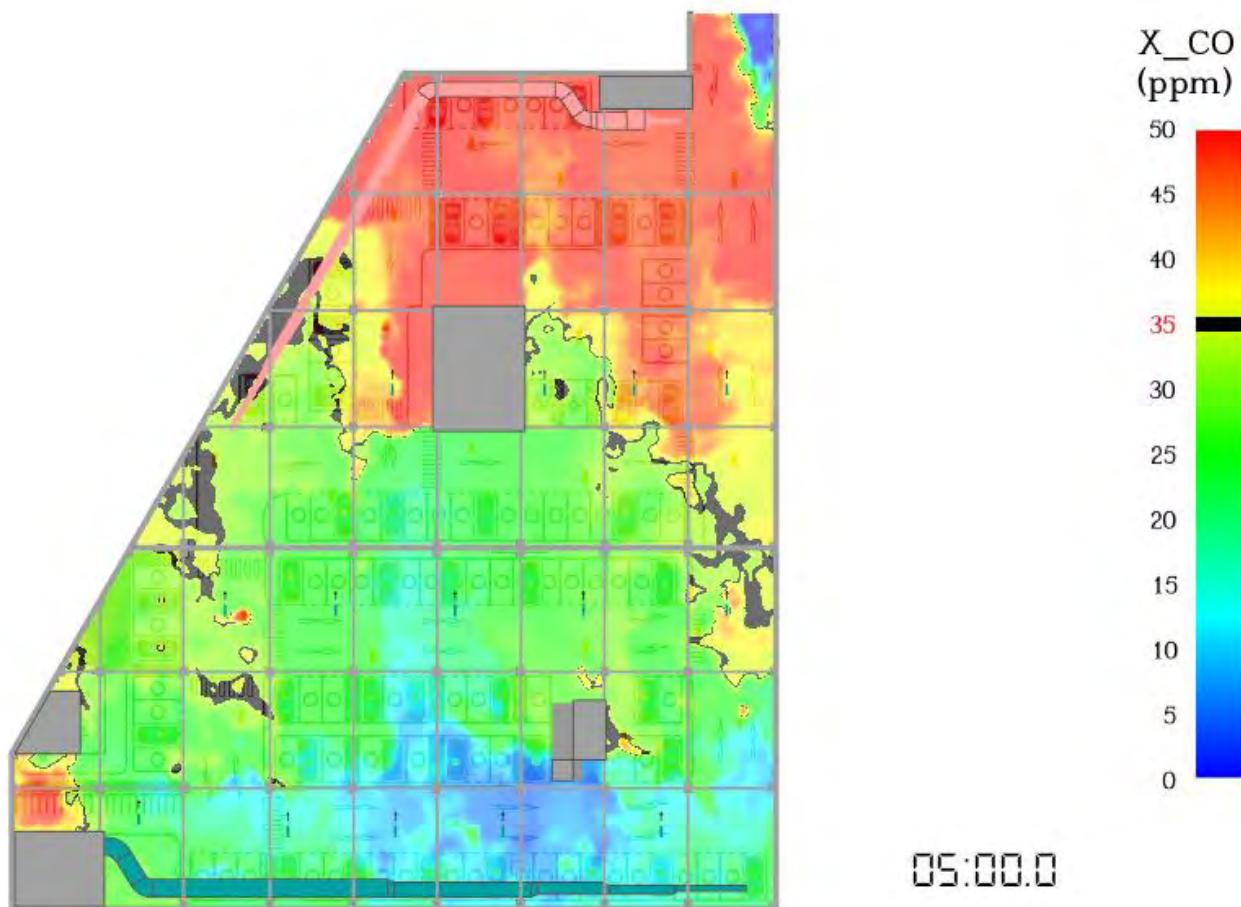
Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=3 minutos



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

**Figura 62**

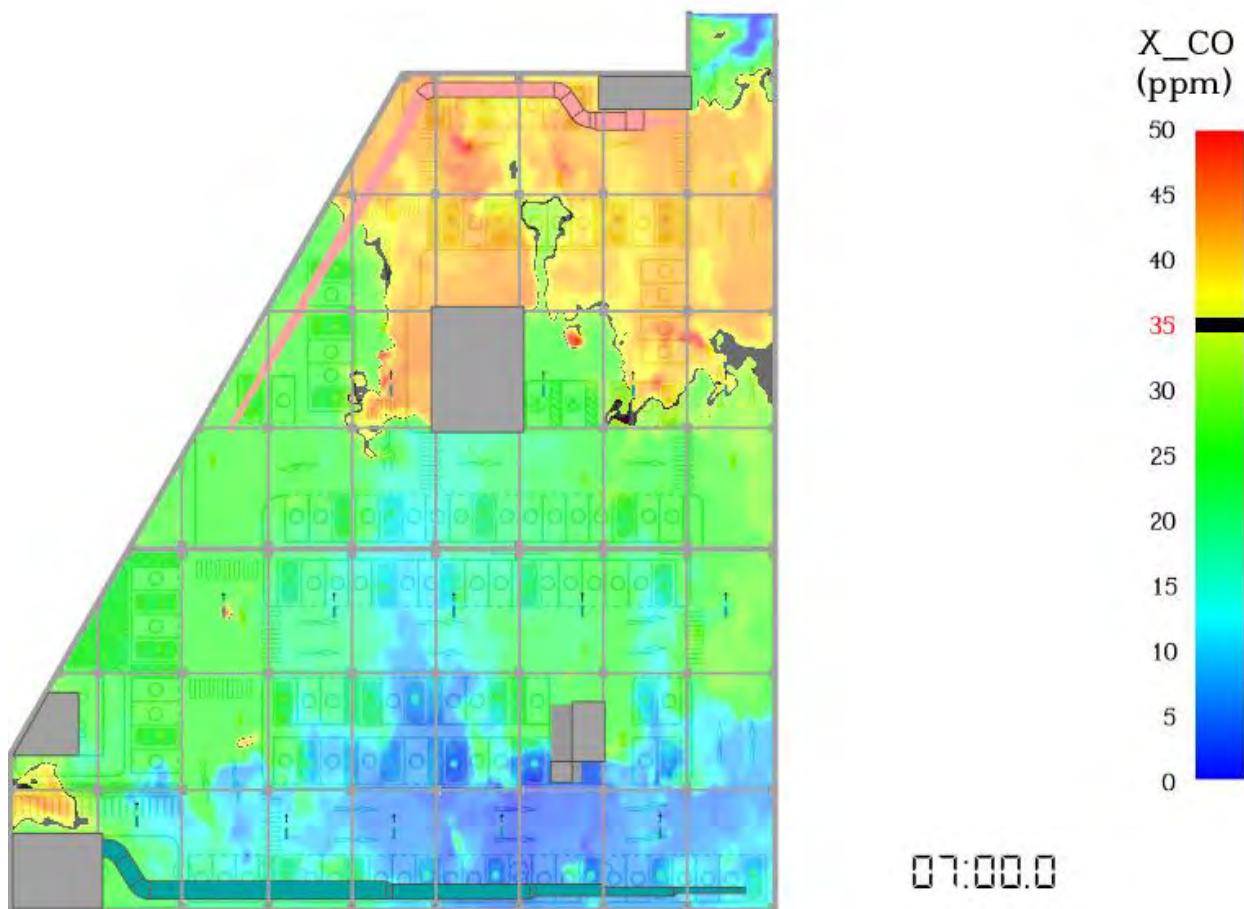
Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=5 minutos



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

**Figura 63**

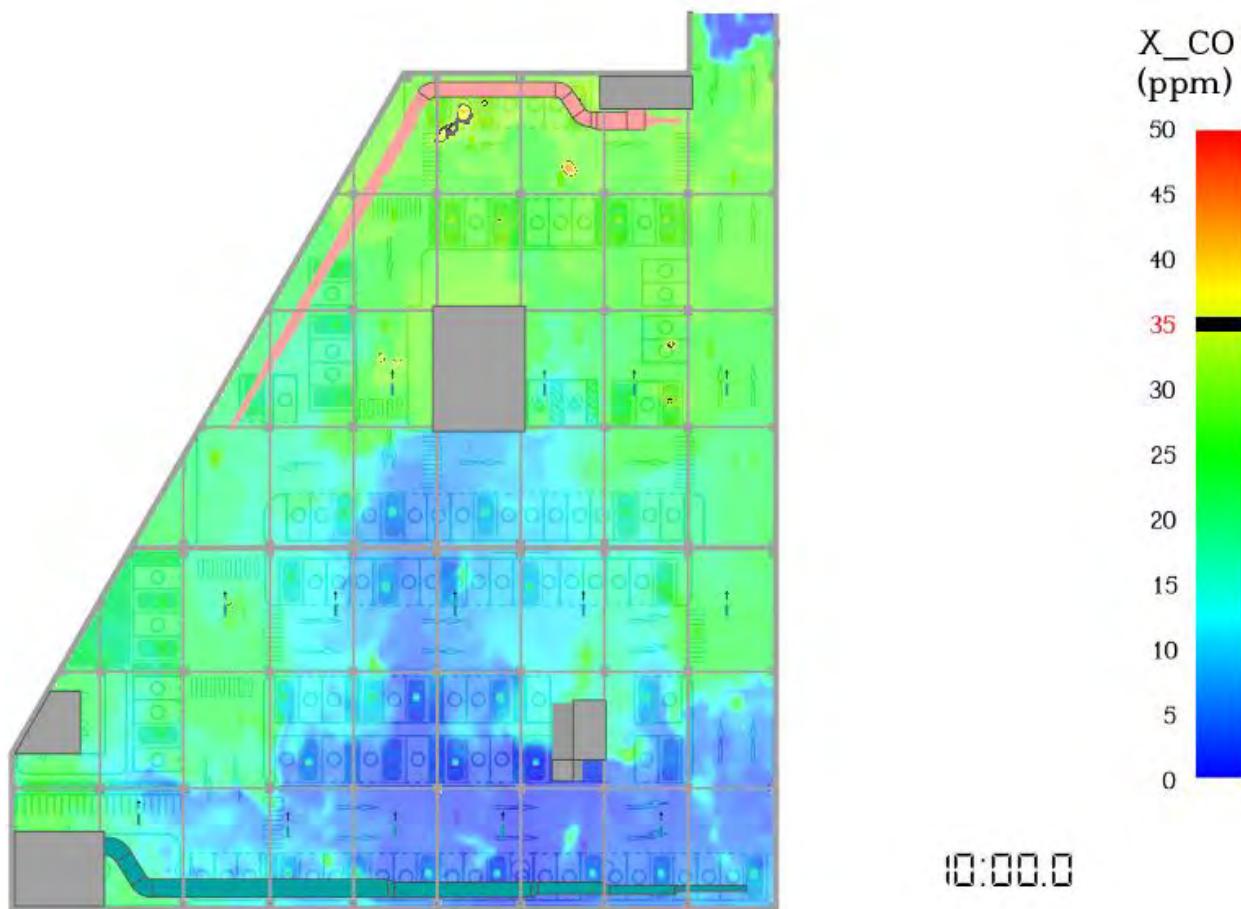
Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=7 minutos



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

**Figura 64**

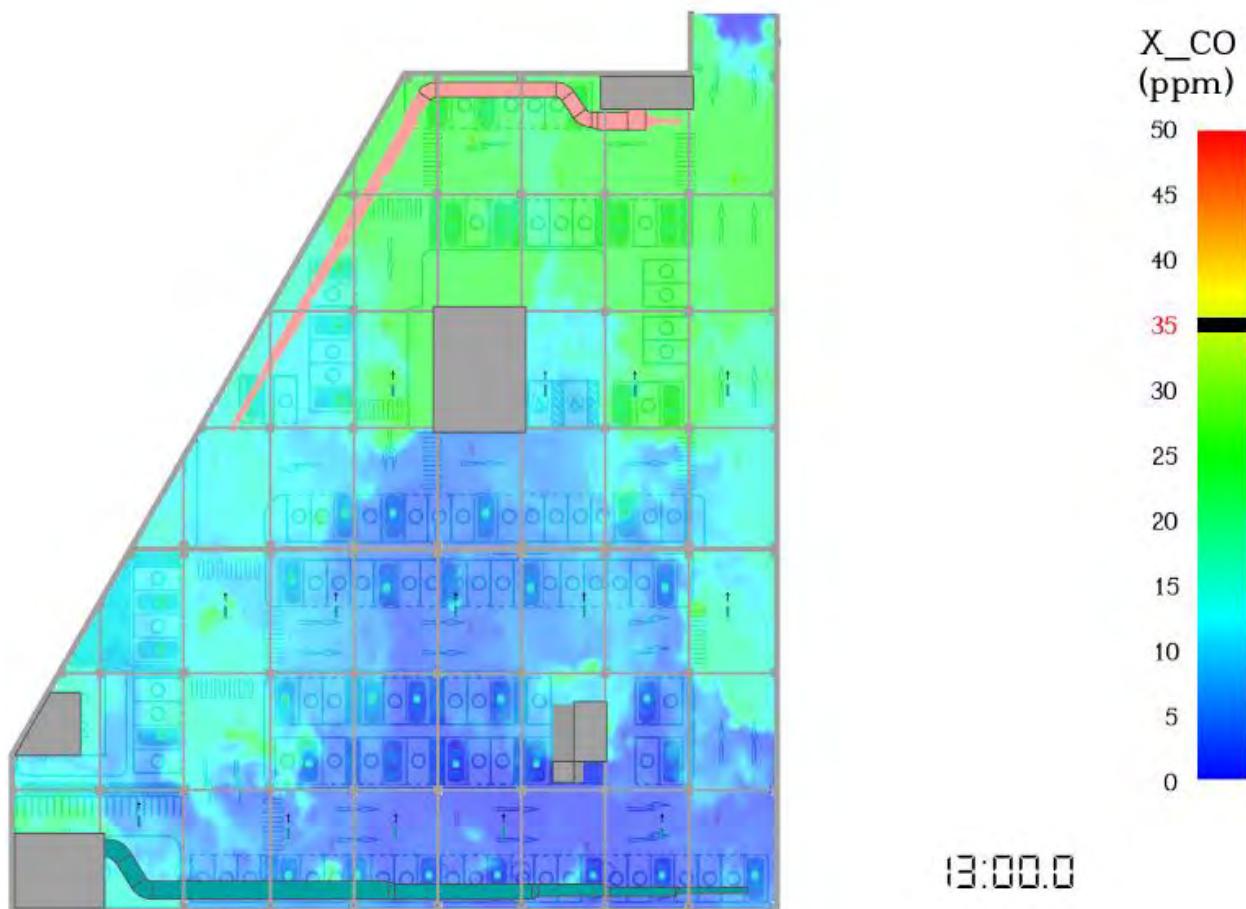
Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=10 minutos



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

**Figura 65**

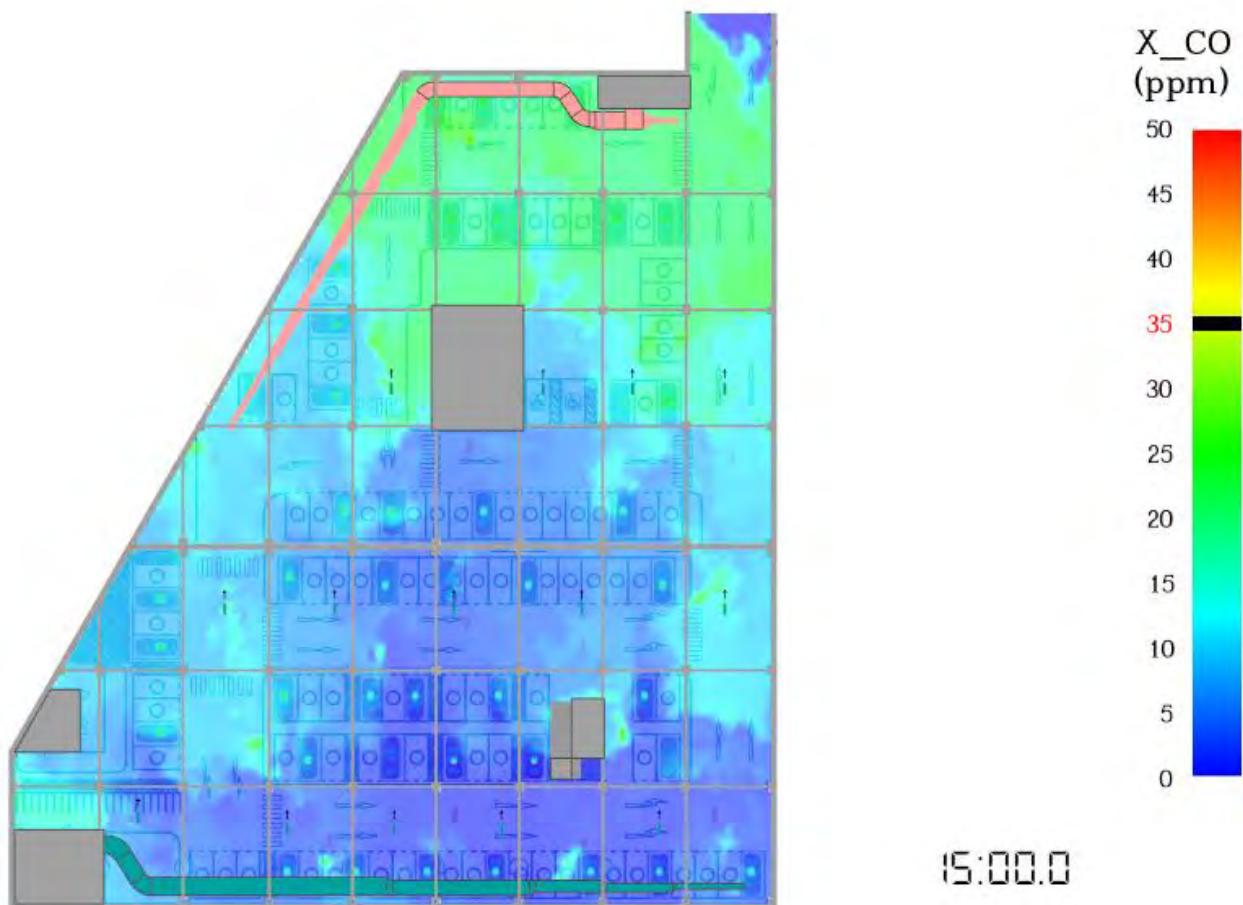
Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=13 minutos



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

**Figura 66**

Concentración de CO a 1.50 m del suelo a t=15 minutos

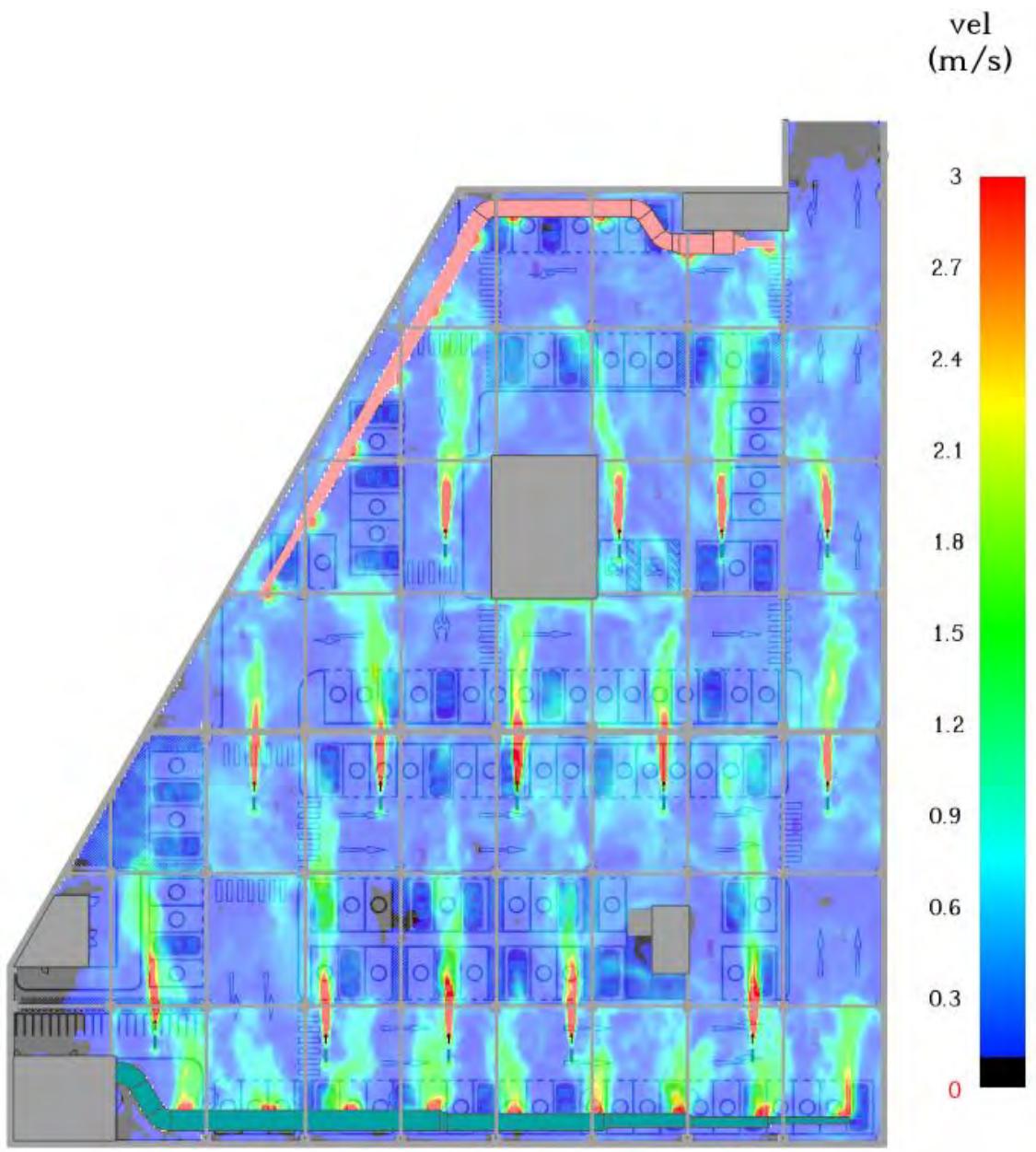


Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

- A continuación, se observa la velocidad dentro del estacionamiento a la altura de 1.50 m del piso terminado, el cual no supera los 0.3 m/s permanentemente en casi todo el estacionamiento.

**Figura 67**

Contornos de velocidad a una altura de 1.50 m del suelo



Nota: Tomado del informe de simulación de Sodeca.

## CAPITULO V:

### DISEÑO MECÁNICO DEL SOPORTE DE LOS EQUIPOS DE VENTILACIÓN

#### 5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrollará el diseño mecánico del sistema de ventilación como el cálculo de soportes para los ductos y el cálculo del aislamiento antivibratorio para los equipos de ventilación helicoidal y equipos de ventilación jet fans.

#### 5.2. CÁLCULO DE SOPORTES PARA LOS DUCTOS

Para el cálculo de los soportes, se usará la Norma de Construcción de Conductos HVAC Metálicos y Flexibles, el cual, en función del perímetro del ducto y la distancia de separación entre soporte, permite determinar el diámetro adecuado de las varillas de acero empleadas para la sustentación de los ductos.

Del mismo modo, en las zonas donde se apoyan los ductos, se puede utilizar un perfil de acero que sirva como base de soporte, garantizando su estabilidad y correcta instalación.

##### 5.2.1. SOPORTE PARA DUCTOS DE INYECCIÓN

Del dimensionamiento de ductos, se tiene el ducto de 76" x 74". La tabla nos pide como datos el máximo mitad del perímetro del ducto. Entonces se calculará el perímetro, teniendo en cuenta que se tiene una separación de 2.4m de soporte.

Perímetro del ducto 76" x 74".

$$P = 76 * 2 + 74 * 2$$

$$P = 300" \Rightarrow P = 7.62\text{m}$$

Máximo mitad del perímetro del ducto.

$$Max = \frac{P}{2}$$

$$Max = \frac{300}{2}$$

$$Max = 150"$$

**Figura 68**

Colgadores para ductos rectangulares.

| Maximum Half of Duct Perimeter   | Pair at 10 ft Spacing     |               | Pair at 8 ft Spacing |  | Pair at 5 ft Spacing |  | Pair at 4 ft Spacing |               |
|--|---------------------------|---------------|----------------------|--|----------------------|--|----------------------|---------------|
|  | Strap                     | Wire/Rod      | Strap                | Wire/Rod   | Strap                | Wire/Rod   | Strap                | Wire/Rod      |
| P/2 = 30"  | 1" × 22 ga                | 10 ga (.135") | 1" × 22 ga           | 10 ga (.135")  | 1" × 22 ga           | 12 ga (.106")  | 1" × 22 ga           | 12 ga (.106") |
| P/2 = 72"  | 1" × 18 ga                | 5/8"          | 1" × 20 ga           | 1/4"   | 1" × 22 ga           | 1/4"   | 1" × 22 ga           | 1/4"          |
| P/2 = 96"  | 1" × 16 ga                | 5/8"          | 1" × 18 ga           | 5/8"   | 1" × 20 ga           | 5/8"   | 1" × 22 ga           | 1/4"          |
| P/2 = 120"   | 1 1/2" × 16 ga            | 1/2"          | 1" × 16 ga           | 5/8"   | 1" × 18 ga           | 5/8"   | 1" × 20 ga           | 1/4"          |
| P/2 = 168"   | 1 1/2" × 16 ga            | 1/2"          | 1 1/2" × 16 ga       | 1/2"   | 1" × 16 ga           | 5/8"   | 1" × 18 ga           | 5/8"          |
| P/2 = 192"   | Not Given                 | 1/2"          | 1 1/2" × 16 ga       | 1/2"   | 1" × 16 ga           | 5/8"   | 1" × 16 ga           | 5/8"          |
| P/2 = 193" up  | Special Analysis Required |               |                      |  |                      |  |                      |               |
| When Straps are Lap Joined Use These Minimum Fasteners:  |                           |               |                      | Single Hanger Maximum Allowable Load   |                      |  |                      |               |
|  |                           |               |                      | Strap  |                      | Wire or Rod (Dia.)   |                      |               |
| 1" × 18, 20, 22 ga - two #10 or one 1/4" bolt<br>1" × 16 ga - two 1/4" dia.<br>1 1/2" × 16 ga - two 5/8" dia<br>Place fasteners in series, not side by side. |                           |               |                      | 1" × 22 ga - 260 lbs.<br>1" × 20 ga - 320 lbs.<br>1" × 18 ga - 420 lbs.<br>1" × 16 ga - 700 lbs.<br>1 1/2" × 16 ga - 1100 lbs. |                      | 0.106" - 80 lbs.<br>0.135" - 120 lbs.<br>0.162" - 160 lbs.<br>1/4" - 270 lbs.<br>5/8" - 680 lbs.<br>7/8" - 1250 lbs.<br>1 1/2" - 2000 lbs.<br>3/4" - 3000 lbs. |                      |               |

Nota: Tomado de (SMACNA, 2020,p.255).

De la tabla, se tiene una varilla de 3/8".

Según la tabla se tiene un peso de la varilla de 3/8" – 680 lbs

$$VARILLA DE 3/8" – 680 \text{ lbs} \Rightarrow 308 \text{ kg}$$

Se calcula el peso del ducto con el fin de que se verifique que las varillas de soporte sean capaces de resistir la carga del ducto.

$$M_{ducto} = e * L * P * \rho_{galv}$$

Donde:

*Mducto:* Masa del ducto.

*e:* espesor de la plancha del ducto ( $e = 1 \text{ mm} \Rightarrow e = 0.001 \text{ m}$ ).

*L:* Longitud del ducto ( $L = 1.2 \text{ m}$ ).

*P:* Perímetro del ducto ( $P = 7.62 \text{ m}$ )

$\rho_{galv}$ : Densidad del acero galvanizado  $\rho_{galv} = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

Reemplazando en la ecuación.

$$Mducto = 0.001 * 1.2 * 8.64 * 7850$$

$$Mducto = 81.39 \text{ kg}$$

La masa del ducto resulta significativamente menor que la capacidad de carga de las varillas de soporte, por lo que estas garantizan una sujeción segura y estable.

Para calcular el soporte de apoyo del ducto se revisará la siguiente figura. Para lo cual se tiene la longitud de la base del ducto que es 76" y son una varilla a cada lado con una carga máxima de 616 kg.

### Figura 69

Angulares de acero

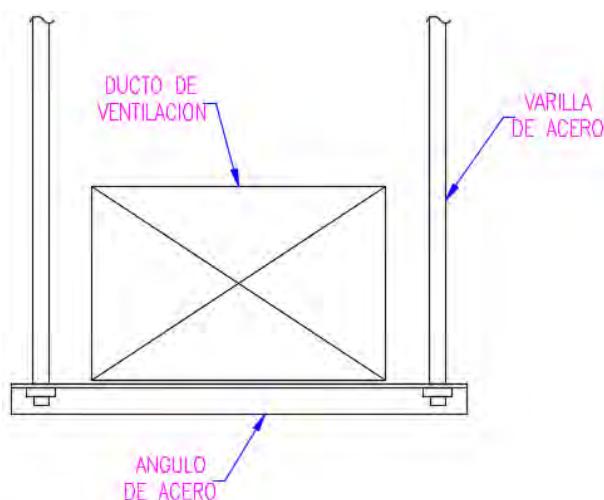
| Trapeze            |                | Angles          |                |                        |                        |                         |                         |                |                 |                |                         |                        |                |                |                | Channels       |                |  |
|--------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|                    |                | A               | B              | C                      | D                      | E                       | F                       | G              | H               | I              | J                       | K                      | L              | M              | N              | O              | P              |  |
| Length, in.        |                | 1" x 1" x 16 ga | 1" x 1" x 1/8" | 1-1/2" x 1-1/2" x 16ga | 1-1/2" x 1-1/2" x 1/8" | 1-1/2" x 1-1/2" x 3/16" | 1-1/2" x 1-1/2" x 1/16" | 2" x 2" x 1/8" | 2" x 2" x 3/16" | 2" x 2" x 1/4" | 2-1/2" x 2-1/2" x 3/16" | 2-1/2" x 2-1/2" x 1/4" | 3" x 3" x 1/4" | 4" x 4" x 1/4" | 3" x 4.1 lb/ft | 3" x 6.0 lb/ft | 4" x 5.4 lb/ft |  |
| 18                 |                | 80              | 150            | 180                    | 350                    | 510                     | 650                     | 650            | 940             | 1230           | 1500                    | 1960                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 24                 |                | 75              | 150            | 180                    | 350                    | 510                     | 650                     | 650            | 940             | 1230           | 1500                    | 1960                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 30                 |                | 70              | 150            | 180                    | 350                    | 510                     | 650                     | 650            | 940             | 1230           | 1500                    | 1960                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 36                 |                | 60              | 130            | 160                    | 340                    | 500                     | 620                     | 620            | 920             | 1200           | 1480                    | 1940                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 42                 |                | 40              | 110            | 140                    | 320                    | 480                     | 610                     | 610            | 900             | 1190           | 1470                    | 1930                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 48                 |                | -               | 80             | 110                    | 290                    | 450                     | 580                     | 580            | 870             | 1160           | 1440                    | 1900                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 54                 |                | -               | -              | -                      | 250                    | 400                     | 540                     | 540            | 840             | 1120           | 1400                    | 1860                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 60                 |                | -               | -              | -                      | 190                    | 350                     | 490                     | 490            | 780             | 1060           | 1340                    | 1800                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 66                 |                | -               | -              | -                      | 100                    | 270                     | 400                     | 400            | 700             | 980            | 1260                    | 1720                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 72                 |                | -               | -              | -                      | -                      | 190                     | 320                     | 320            | 620             | 900            | 1180                    | 1640                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 78                 |                | -               | -              | -                      | -                      | -                       | 210                     | 210            | 500             | 790            | 1070                    | 1530                   | -              | -              | -              | -              | -              |  |
| 84                 |                | -               | -              | -                      | -                      | -                       | -                       | -              | 380             | 660            | 940                     | 1400                   | 2310           | 4680           | 4650           | 5980           | 9080           |  |
| 96                 |                | -               | -              | -                      | -                      | -                       | -                       | -              | -               | 320            | 600                     | 1060                   | 1970           | 4340           | 3870           | 4950           | 8740           |  |
| 108                |                | -               | -              | -                      | -                      | -                       | -                       | -              | -               | -              | -                       | 2510                   | 7240           | 5760           | 7780           | 15650          |                |  |
| 120                |                | -               | -              | -                      | -                      | -                       | -                       | -              | -               | -              | -                       | 1220                   | 5950           | 4120           | 5930           | 13200          |                |  |
| 132                |                | -               | -              | -                      | -                      | -                       | -                       | -              | -               | -              | -                       | -                      | 4350           | 2540           | 3920           | 10820          |                |  |
| 144                |                | -               | -              | -                      | -                      | -                       | -                       | -              | -               | -              | -                       | -                      | -              | 2420           | -              | 2000           | 8330           |  |
| Section Properties | I <sub>x</sub> | 0.012           | 0.022          | 0.041                  | 0.078                  | 0.110                   | 0.139                   | 0.190          | 0.272           | 0.348          | 0.547                   | 0.703                  | 1.240          | 3.040          | 1.660          | 2.070          | 3.850          |  |
|                    | Z              | 0.016           | 0.031          | 0.037                  | 0.072                  | 0.104                   | 0.13                    | 0.130          | 0.190           | 0.247          | 0.303                   | 0.394                  | 0.577          | 1.050          | 1.100          | 1.380          | 1.930          |  |
|                    | A              | 0.120           | 0.234          | 0.180                  | 0.359                  | 0.527                   | 0.688                   | 0.484          | 0.715           | 0.938          | 0.902                   | 1.190                  | 1.440          | 1.940          | 1.210          | 1.760          | 1.590          |  |
|                    | lb/ft          | 0.440           | 0.800          | 0.660                  | 1.230                  | 1.800                   | 2.340                   | 1.650          | 2.440           | 3.190          | 3.070                   | 4.100                  | 4.900          | 6.600          | 4.100          | 6.000          | 5.400          |  |

Nota: Angulares de acero para el soporte de ductos. Tomado de (SMACNA, 2020,p.259).

Se selecciona un angular de 2" x 2" x 1/4".

Figura 70

Representación de los soportes de ductos.



Nota: Elaborado en AutoCAD.

A continuación, se tiene la tabla de resumen del cálculo para cada tramo del sistema de inyección.

**Tabla 15**

Sopores para ductos del sistema de inyección.

| <b>SOPORTE PARA EL DUCTO DEL SISTEMA DE INYECCION</b> |                              |   |                             |                      |   |  |
|---|------------------------------|---|-----------------------------|----------------------|---|--|
| DIMENSIÓN<br>DEL DUCTO                                | LONGITUD<br>DEL DUCTO<br>(m) | MAXIMO<br>MITAD DEL<br>PERIMETRO<br>DEL DUCTO | VARILLA<br>REDONDA<br>ACERO | ANGULO DE<br>ACERO   | LONGITUD<br>DE LA<br>VARILLA<br>DE ACERO<br>(m) | LONGITUD<br>DEL<br>ANGULO<br>DE ACERO<br>(m) |
| 32" x 26"   | 7.5                          | 58"   | 1/4"                        | 1-1/2 x 1-1/2 x 1/8" | 16.8  | 6  |
| 40" x 40"   | 7.5                          | 80"   | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 19.2  | 7.8  |
| 50" x 48"   | 7.5                          | 98"   | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 21.6  | 9  |
| 58" x 54"   | 7.5                          | 112"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 24  | 10.2   |
| 62" x 58"   | 7.5                          | 120"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 25.2  | 10.8   |
| 68" x 60"   | 7.5                          | 128"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 26.4  | 10.8   |
| 70" x 66"   | 7.5                          | 136"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 27.6  | 12   |
| 74" x 70"   | 7.5                          | 144"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 1/4"         | 28.8  | 12.6   |
| 76" x 74"   | 40                           | 150"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 1/4"         | 165   | 72.6   |

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

### 5.2.2. SOPORTE PARA DUCTOS DE EXTRACCIÓN

Del dimensionamiento de ductos, se tiene la siguiente tabla con el resumen de cálculo de soporte para cada tramo del sistema de extracción.

**Tabla 16**

Sopores para ductos del sistema de extracción.

---

**SOPORTE PARA EL DUCTO DEL SISTEMA DE EXTRACCION**


---

| DIMENSIÓN<br>DEL DUCTO | LONGITUD<br>DEL<br>DUCTO<br>(m) | MAXIMO<br>MITAD DEL<br>PERIMETRO<br>DEL DUCTO | VARILLA<br>REDONDA<br>ACERO | ANGULO DE<br>ACERO   | LONGITUD<br>DE LA<br>VARILLA<br>DE ACERO | LONGITUD<br>DEL<br>ANGULO<br>DE ACERO |
|------------------------|---------------------------------|---|-----------------------------|----------------------|--|---------------------------------------|
| 28" x 26"              | 7.5                             | 54"   | 1/4"                        | 1-1/2 x 1-1/2 x 1/8" | 15.6                                     | 6                                     |
| 40" x 36"              | 7.5                             | 76"   | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 19.2                                     | 7.2                                   |
| 48" x 46"              | 7.5                             | 94"   | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 21.6                                     | 9                                     |
| 54" x 52"              | 7.3                             | 106"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 22.8                                     | 9.6                                   |
| 60" x 58"              | 7.5                             | 118"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 25.2                                     | 10.8                                  |
| 66" x 60"              | 8.5                             | 126"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 30.8                                     | 12.6                                  |
| 70" x 64"              | 4.1                             | 134"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 13.8                                     | 5.7                                   |
| 72"x 68"               | 9.02                            | 150"  | 3/8"                        | 2 x 2 x 1/4"         | 40                                       | 17.6                                  |
| 74" x 72"              | 4.2                             | 54"   | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 10.4                                     | 4                                     |
| 76" x 74"              | 35.99                           | 76"   | 3/8"                        | 2 x 2 x 3/16"        | 96                                       | 36                                    |
| 28" x 26"              | 3.5                             | 94"   | 1/4"                        | 1-1/2 x 1-1/2 x 1/8" | 10.8                                     | 4.5                                   |

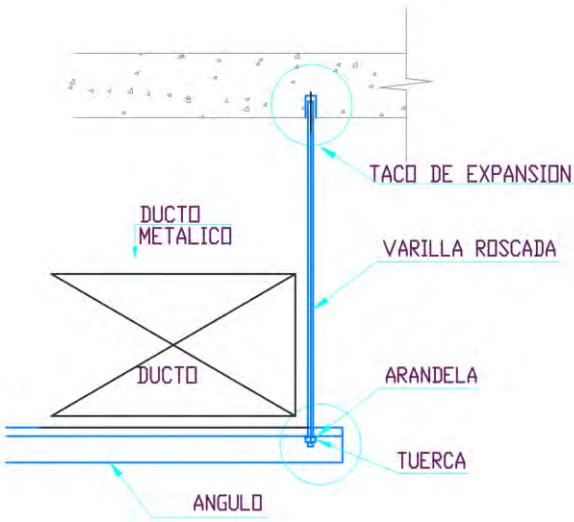
---

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

Para la fijación de los ductos con las varillas y ángulos, se requieren tuercas, arandelas y taco de expansión, a continuación, se muestra una figura y una tabla de materiales.

### Figura 71

Detalle de colgadores de ductos



Nota: Elaborado en AutoCAD.

**Tabla 17**

Materiales de sujeción de ductos.

| MEDIDA | TUERCA | ARANDELA | TACO DE EXPANSION |
|--------|--------|----------|-------------------|
| 1/4"   | 20     | 20       | 20                |
| 3/8"   | 149    | 149      | 149               |

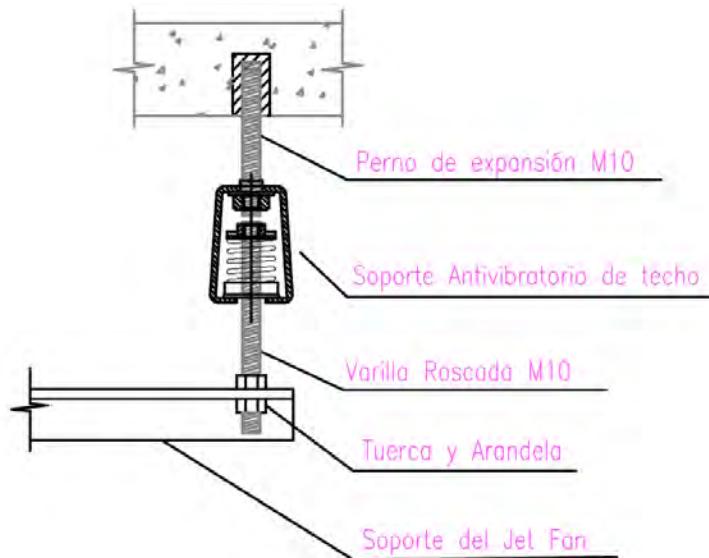
Nota: Cantidad de material para sujeción. Elaborado en Microsoft Excel.

### 5.3. CÁLCULO DE SOPORTE PARA LOS EQUIPOS JET FANS

Para el cálculo del sistema de soporte de los equipos Jet Fans, se considera que cada unidad cuenta con una placa de fijación provista para una varilla roscada de 10 mm de diámetro como elemento de sujeción principal, acompañada de sus respectivas arandelas, tuercas, pernos de expansión y soporte antivibratorio garantizando así una conexión segura, estable y adecuada para soportar las cargas estáticas y dinámicas generadas durante el funcionamiento del equipo.

**Figura 72**

### Soporte de los equipos Jet fan



Nota: Elaborado en AutoCAD.

Las cantidades de soportes a usar son:

**Tabla 18**

Materiales de fijación de Jet fan

| VARILLAS DE<br>ACERO ROSCADO<br>(m) | ARANDELAS | TUERCAS | PERNO DE<br>EXPANSIÓN | SOPORTE<br>ANTIVIBRATORIO |
|-------------------------------------|-----------|---------|-----------------------|---------------------------|
| 56                                  | 112       | 224     | 56                    | 56                        |

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

### 5.4. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ANTIVIBRATORIO DE LOS EQUIPOS JET FAN

Para el cálculo de vibración del ventilador jet fan, se tiene los datos técnicos necesarios del equipo en el catálogo del fabricante, cuyos datos específicos se presentan en el **ANEXO 14** del presente documento.

Velocidad de rotación:  $N = 3\ 395 \text{ rpm}$ .

Masa del equipo:  $m = 62 \text{ kg}$ .

- Cálculo de la frecuencia de operación o excitación

$$f_e = \frac{N}{60}$$

Donde:

$N$ : Velocidad de rotación del motor.

Reemplazando:

$$f_e = \frac{3\ 395}{60}$$

$$f_e = 56.58 \text{ Hz}$$

- Frecuencia natural deseada.

Se asumirá una frecuencia natural de 10 Hz para evitar resonancia.

- Cálculo de Rigidez ( $k$ )

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Donde:

$f_n$ : Frecuencia natural

Despejando la ecuación se tiene:

$$k = (2 * \pi * f_n)^2 * m$$

Reemplazando en la ecuación:

$$k = (2 * \pi * 10)^2 * 62$$

$$k = 244\ 766.2 \text{ N/m}$$

$$k = 0.24 \text{ MN/m}$$

- Deflexión estática ( $\delta$ ) Cuanto se comprime el amortiguador con el peso.

$$\delta = \frac{m * g}{k}$$

Donde:

$g$ : aceleración de la gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

Reemplazando en la ecuación:

$$\delta = \frac{62 * 9.81}{244\,766.2}$$

$$\delta = 0.00248 \text{ m}$$

$$\delta = 2.48 \text{ mm}$$

- Cálculo de la Transmisibilidad

$$T = \sqrt{\frac{1 + (2 * \zeta * r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2 * \zeta * r)^2}}$$

Donde  $r$  es la relación entre las frecuencias.

$$r = \frac{f_e}{f_n}$$

$$r = \frac{56.58}{10}$$

$$r = 5.66$$

Se asumirá un coeficiente de amortiguamiento del 5% que es  $\zeta = 0.05$ .

Reemplazando en la ecuación:

$$T = \sqrt{\frac{1 + (2 * 0.05 * 5.658)^2}{(1 - 5.658^2)^2 + (2 * 0.05 * 5.658)^2}}$$

$$T = 0.037$$

- Carga de los soportes

$$F = \frac{m * g}{4}$$

Considerando un soporte a cada lado del equipo. Se utilizará 4 soportes.

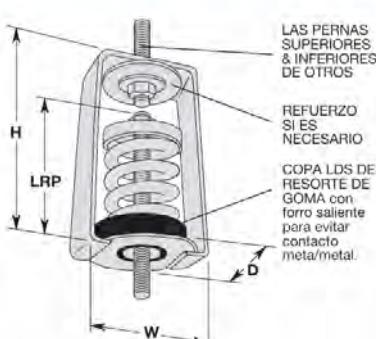
$$F = \frac{62 * 9.81}{4}$$

$$F = 152.055 N$$

Con un peso de 15.5 kg cada uno.

**Figura 73**

Colgador HS de resorte para el equipo jet fan



**HS Colgadores de Resorte**

**MASON WHOLESALE**

**HS COLGADORES DE RESORTE DE 1" DE DESV.\***

| Tipo & Tamaño  | Capacidad Aprobada (kg) | Desviación Establecida (mm) | Constante Soporte (kg/mm) | Color Resorte | Dimensiones (mm) |     |    |     |     |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|------------------|-----|----|-----|-----|
|                |                         |                             |                           |               | D                | H   | W  | LRP | MRD |
| HS-X-12        | 5                       | 32                          | 0.18                      | Naranjada     |                  |     |    |     |     |
| HS-X-23        | 10                      | 33                          | 0.30                      | Café          |                  |     |    |     |     |
| HS-X-33        | 15                      | 28                          | 0.54                      | Rojo          |                  |     |    |     |     |
| <b>HS-X-54</b> | <b>24</b>               | <b>30</b>                   | <b>0.80</b>               | <b>Blanco</b> |                  |     |    |     |     |
| HS-X-76        | 34                      | 25                          | 1.36                      | Negro         | 64               | 108 | 73 | 89  | 10  |
| HS-X-113       | 51                      | 25                          | 2.04                      | Amarillo      |                  |     |    |     |     |
| HS-X-130       | 59                      | 25                          | 2.36                      | Carmesí       |                  |     |    |     |     |
| HS-X-175       | 78                      | 25                          | 3.16                      | Plateada      |                  |     |    |     |     |
| HS-X-210       | 98                      | 25                          | 3.80                      | Azul          |                  |     |    |     |     |
| HS-A-12        | 5                       | 25                          | 0.20                      | Rojo          |                  |     |    |     |     |
| HS-A-18        | 8                       | 25                          | 0.32                      | Gris          | 70               | 146 | 83 | 89  | 16  |
| HS-A-25        | 11                      | 25                          | 0.44                      | Naranjada     |                  |     |    |     |     |
| HS-A-41        | 19                      | 30                          | 0.63                      | Rosado        |                  |     |    |     |     |
| HS-A-56        | 25                      | 30                          | 0.83                      | Negro         | 70               | 146 | 83 | 102 | 16  |
| HS-A-73        | 33                      | 27                          | 1.22                      | Canela        |                  |     |    |     |     |
| HS-A-95        | 43                      | 26                          | 1.65                      | Verde         |                  |     |    |     |     |
| HS-A-45        | 20                      | 41                          | 0.49                      | Azul          |                  |     |    |     |     |
| HS-A-75        | 34                      | 38                          | 0.89                      | Naranjada     |                  |     |    |     |     |
| HS-A-125       | 57                      | 34                          | 1.68                      | Café          |                  |     |    |     |     |
| HS-A-200       | 91                      | 29                          | 3.14                      | Negro         | 70               | 146 | 83 | 102 | 16  |
| HS-A-310       | 141                     | 25                          | 5.64                      | Amarillo      |                  |     |    |     |     |
| HS-A-400       | 181                     | 25                          | 7.24                      | Verde         |                  |     |    |     |     |
| HS-A-510       | 231                     | 25                          | 9.24                      | Rojo          | 70               | 146 | 83 | 102 | 16  |
| HS-A-625       | 283                     | 25                          | 11.32                     | Blanco        |                  |     |    |     |     |

INSTALACIÓN DEL COLGADOR DE RESORTE

\*Desviación mínima de 19mm

LRP- Penetración inferior de la perna.  
MRD- Diam. Máx. perna.

Nota: Figura tomado del catálogo (División de Mason Industries, 2016).

## 5.5. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ANTIVIBRATORIO DE LOS EQUIPOS DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN

Para el cálculo de vibración del ventilador helicoidal del sistema de inyección y extracción se desarrollará un único análisis, dado que ambos sistemas emplean el mismo modelo de equipo.

Los datos técnicos necesarios del equipo se obtendrán del catálogo del fabricante, cuyos datos específicos se presentan en el **ANEXO 13** del presente documento.

Velocidad de rotación:  $N = 1764$  rpm.

Masa del equipo:  $m = 539$  kg.

- Cálculo de la frecuencia de operación o excitación

$$f_e = \frac{N}{60}$$

Donde:

$N$ : Velocidad de rotación del motor.

Reemplazando:

$$f_e = \frac{1764}{60}$$

$$f_e = 29.4 \text{ Hz}$$

- Frecuencia natural deseada.

Se asumirá una frecuencia natural de 10 Hz para evitar resonancia.

- Cálculo de Rigidez ( $k$ )

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Donde:

$f_n$ : Frecuencia natural

Despejando la ecuación se tiene:

$$k = (2 * \pi * f_n)^2 * m$$

Reemplazando en la ecuación:

$$k = (2 * \pi * 10)^2 * 539$$

$$k = 2\ 127\ 886.7 \text{ N/m}$$

$$k = 2.13 \text{ MN/m}$$

- Deflexión estática ( $\delta$ ) Cuanto se comprime el amortiguador con el peso.

$$\delta = \frac{m * g}{k}$$

Donde:

$g$ : aceleración de la gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

Reemplazando en la ecuación:

$$\delta = \frac{539 * 9.81}{2\ 127\ 886.7}$$

$$\delta = 0.0024 \text{ m}$$

$$\delta = 2.4 \text{ mm}$$

- Cálculo de la Transmisibilidad

$$T = \sqrt{\frac{1 + (2 * \zeta * r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2 * \zeta * r)^2}}$$

Donde  $r$  es la relación entre las frecuencias.

$$r = \frac{f_e}{f_n}$$

$$r = \frac{29.4}{10}$$

$$r = 2.94$$

Se asumirá un coeficiente de amortiguamiento del 5% que es  $\zeta = 0.05$ .

Reemplazando en la ecuación:

$$T = \sqrt{\frac{1 + (2 * 0.05 * 2.94)^2}{(1 - 2.94^2)^2 + (2 * 0.05 * 2.94)^2}}$$

$$T = 0.1$$

- Carga de los soportes

$$F = \frac{m * g}{4}$$

Considerando un soporte a cada lado del equipo. Se utilizará 4 soportes.

$$F = \frac{539 * 9.81}{4}$$

$$F = 1\,321.9\,N$$

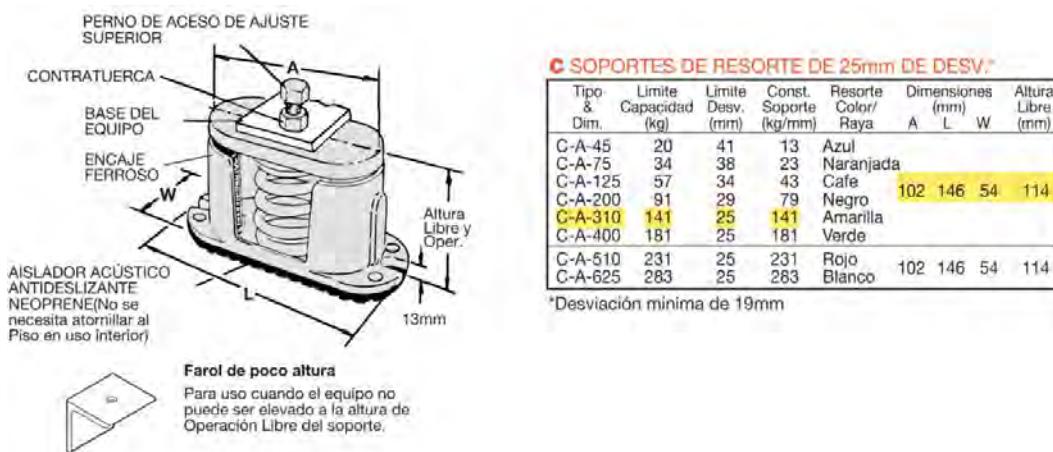
Con un peso de 135 kg cada uno.

Para la selección de los soportes antivibratorios se usó el catálogo de Industrias Mason, se seleccionó un soporte de resorte con encaje tipo C, el cual lleva una esponja de neopreno semicircular insertado, que restringe el movimiento causado por la moción horizontal en el arranque y pare (División de Mason Industries, 2016).

En la siguiente figura se observa el aislador seleccionado con una capacidad de 141 kg y un límite de desviación de 25mm el cual cumple para los ventiladores helicoidales.

**Figura 74**

Soporte de resorte con encaje para ventilador helicoidal



Nota: Figura tomado de (División de Mason Industries, 2016).

## CAPITULO VI:

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS

#### 6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las características de los materiales y equipos a utilizar para el sistema de ventilación del estacionamiento subterráneo del centro comercial Huancaro.

#### 6.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

##### 6.2.1. DUCTO DE VENTILACIÓN

Plancha de acero galvanizado para extracción de gases contaminantes e inyección de aire fresco con un espesor de 1mm, la construcción se hará siguiendo la recomendación de unión de la siguiente figura.

**Figura 75**

Construcción recomendada para conductos rectangulares de chapa metálica.

| CONSTRUCCION RECOMENDADA PARA CONDUCTOS DE CHAPA METALICA RECTANGULARES SISTEMA DE BAJA PRESION |                          |       |          |       |  |  |
|---|--------------------------|-------|----------|-------|--|--|
| DIMENSIÓN<br>MAYOR DEL<br>CONDUCTO (cm)   | ESPESOR DE LA CHAPA (mm) |       |          |       | CONSTRUCCION RECOMENDADA   |  |
|   | ACERO                    |       | ALUMINIO |       |  |  |
|   | CONDUCTO                 | GRAPA | CONDUCTO | GRAPA |  |  |
| Hasta 60  | 0.6                      | 0.6   | 0.6      | 0.8   | Grapa deslizante o grapa en S, separado 2.5 m o menos  |  |
| De 60 a 80  | 0.6                      | 0.6   | 0.6      | 0.8   | Grapa deslizante o grapa en S, separado 1.2 m o menos  |  |
| De 80 a 150   | 0.8                      | 0.8   | 0.8      | 1     | Grapa deslizante reforzada, o grapa a escuadra reforzada, separado 1.2m o menos.<br>Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40x40x4mm, o zuncho angular de las mismas dimensiones situada a mitad de distancia entre juntas.   |  |
| De 150 a 180  | 1                        | 1     | 1        | 1.5   | Grapa deslizante reforzada, o grapa a escuadra reforzada, separado 1.2m o menos.<br>Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40x40x4mm, o zuncho angular de las mismas dimensiones situada a mitad de distancia entre juntas.   |  |
| De 180 a 225  | 1                        | 1     | 1        | 1.5   | Grapa deslizante reforzada, o grapa a escuadra reforzada, separado 1.2m o menos.<br>Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40x40x4mm, o zuncho angular de las mismas dimensiones situada a mitad de distancia entre juntas.<br>Tirante de hierro de 30x3mm para anchura de conducto de 180 a 225cm. |  |

Nota: Figura tomada de (Carrier Air Conditioning Company, 1980,p.212).

En la siguiente imagen se puede observar un ducto con unión mediante brida.

**Figura 76**

Unión de ductos mediante bridas.



Nota: la figura de referencia es tomada de (BIYANG, 2025).

Cantidad de plancha galvanizada para los ductos y uniones es  $1\ 365m^2$ .

El precio por el total de los ductos del sistema de inyección y extracción es.

Precio global: S/. 36 644.94

#### 6.2.2. SOPORTE DE LOS DUCTOS DE VENILACIÓN

Los soportes de los ductos de ventilación serán mediante varillas y ángulos calculados en el capítulo V. los soportes tienen las siguientes características.

##### - VARILLAS DE ACERO ROSCADAS:

Las varillas de acero son de 3m de longitud con diámetros según tabla, debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas.

Material: Varilla roscada zincada

Acabado: Acero galvanizado (Zincado) para resistencia a la corrosión.

Grado de resistencia: ASTM A36.

#### Figura 77

Varilla de acero



Nota: la figura es tomada de (CONSTRUMOLE, 2022).

- ANGULOS DE ACERO:

Los ángulos de acero tienen dos lados iguales y se utilizan en aplicaciones en el que se requiere rigidez uniforme y resistencia. Tienen que tener las siguientes características.

Tipo: Ángulo de acero laminado en caliente.

Dimensiones: según tabla.

Norma de fabricación: ASTM A36.

Acabado superficial: Galvanizado en caliente o zincado electrolítico para protección contra la corrosión.

**Figura 78**

Ángulos de acero.



Nota: la figura es tomada de (ACEROS CREA, s.f.).

El precio total los soportes de los ductos de ventilación del sistema de inyección y extracción es.

Precio global: S/. 15 103.00

#### 6.2.3. SOPORTE DE LOS EQUIPOS JET FANS

Los soportes para los equipos jet fans está conformado por varillas roscadas de 12 mm de diámetro, las cuales se emplean para garantizar una sujeción firme y segura a la estructura del techo. Cada varilla cuenta con su correspondiente juego de tuercas y arandelas planas del mismo diámetro nominal. Calculados en el capítulo V.

Este conjunto de elementos permite ajustar la altura y nivelación del equipo durante la instalación, proporcionando al mismo tiempo una transmisión controlada de cargas. Los soportes tienen las siguientes características.

- VARILLAS DE ACERO ROSCADAS:

Las varillas de acero son de 3m de longitud con diámetros según tabla, debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas.

Material: Varilla roscada zincada

Acabado: Acero galvanizado (Zincado) para resistencia a la corrosión.

Grado de resistencia: ASTM A36.

Nota: Tomado de (AMC Mecanocaucho, s.f.).

El precio toral de los soportes de los equipos jet fans es.

Precio global: S/. 1 625.30

#### 6.2.4. SOPORTE ANTIVIBRATORIO DE LOS VENTILADORES JET FAN

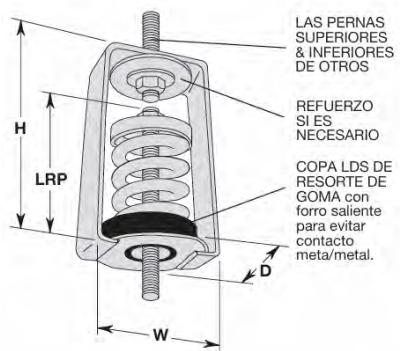
El soporte antivibratorio está fabricado en resorte de acero con copa de goma y encajado

en una caja fuerte de acero, soporta un peso de 24 kg.

**Figura 79**

Soporte antivibratorio para los equipos jet fans.

### HS Colgadores de Resorte



Nota: Figura tomada de (División de Mason Industries, 2016).

Cantidad: 56 unidades de colgadores de resorte.

Precio por unidad: S/. 68.00

Precio total: S/. 3 808.00

#### 6.2.5. SOPORTE ANTIVIBRATORIO DE LOS VENTILADORES

##### HELICOIDALES

Están equipados con una esponja de neopreno semicircular que está diseñado para reducir movimientos horizontales generadas en la fase de arranque y paro. Se tiene un soporte tipo C que son ideales para equipos de ventilación.

**Figura 80**

Soporte antivibratorio para los ventiladores helicoidales

### C - SOPORTES DE RESORTE CON ENCAJE



Nota: Figura tomada de (División de Mason Industries, 2016).

Cantidad: 08 unidades de soporte de resorte con encaje.

Precio por unidad: S/. 407.29

Precio total: S/. 3 258.29

#### 6.2.6. REJILLAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

Las rejillas son de doble deflexión para sistema de inyección. Se seleccionó el modelo BCH con las siguientes características.

Dimensiones de la rejilla: 48" x 24".

Tipo: Rejilla rectangular

Flujo de aire: Hasta 9156 CFM.

Aletas: Aletas ajustables con una separación de 3/4".

Tiro: Esta rejilla trabaja con un tiro de 79 pies.

Materiales y acabado: Fabricado en aluminio extruido, color blanco.

**Figura 81**

Modelo de rejilla del sistema de inyección



Nota: la figura es tomada del catálogo de rejillas (INNES).

Cantidad: 09 unidades de Rejilla de Inyección.

Precio por unidad: S/. 468.49

Precio total: S/. 4 216.37

#### 6.2.7. REJILLAS DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

Las rejillas son de retorno tipo cuadricula con deflexión a 45° para sistema de extracción.

Se seleccionó el modelo GH45 con las siguientes características.

Dimensiones de la rejilla: 48" x 24".

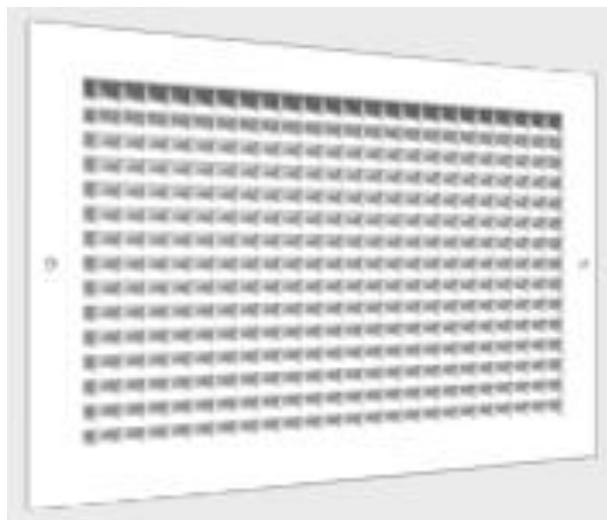
Tipo: Rejilla rectangular

Flujo de aire: Hasta 7680 CFM.

Materiales y acabado: Fabricado en aluminio extruido, color blanco.

#### Figura 82

Modelo de rejilla del sistema de extracción



Nota: la figura es tomada del catálogo de rejillas (INNES).

Cantidad: 10 unidades de Rejilla de Extracción.

Precio por unidad: S/. 420.21

Precio total: S/. 4 202.06

#### 6.2.8. JUNTA FLEXIBLE

La junta flexible se utiliza para aislamiento de vibraciones de los equipos del sistema de ventilación, evitan que la vibración se transmita a los ductos de ventilación. Según el diseño se requiere una junta flexible con las siguientes características.

Dimensiones: 56"x56".

Junta: Metal – junta de expansión – metal. Tela de materiales elásticos, Metal acero galvanizado.

Temperatura de trabajo sobre los 400°C.

Presión mínima de 500 Pa.

Fluidos a transportar: Aire, gases de combustión. Ver características detalladas en el

#### ANEXO 9.

**Figura 83**

### Junta flexible



Nota: Tomado de (GebhardtStahl, s.f.).

Cantidad: 04 unidades de junta flexible.

Precio por unidad: S/. 250.00

Precio total: S/. 1 000.00

### 6.2.9. VENTILADOR HELICOIDAL

El ventilador helicoidal es más sugerido para trabajar en zonas de riesgo de incendio con una certificación ATEX 3G para zona 2.

Motor: Motor clase H para uso continuo y uso de emergencia con rodamiento de bolas y protección IP55.

Potencia de motor: 37 KW

Clase de motor: F300.

Numero de fases: 3 fases (trifásico)

Voltaje: 380 Voltios.

Frecuencia: 60 Hz.

Temperatura máxima: la temperatura máxima del aire a transportar es 40°C en continuo y

hasta 400°C por 2 horas en caso de incendios.

Caudal de ventilador: transporte 75 744 CFM.

Tipo de ventilador: Ventilador tubular en chapa de acero.

Homologación: Según norma En 12101-3

Certificación: Certificación n° 0370-CPR-0974 (F300).

Acabado: Ventilador anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190°C.

Caja: Chapa de acero galvanizado.

Hélice: la hélice reversible al 100%.

Incluye variador de frecuencia.

#### **Figura 84**

Ventilador Helicoidal



Nota: Figura tomada de (SODECA, s.f.).

Cantidad: 02 unidades de Ventiladores Helicoidal.

Precio por unidad: S/. 56 551.56

Precio total: S/. 113 103.12

#### 6.2.10. VENTILADOR JET FANS

El equipo de ventilación jet fans tubular es un ventilador de impulso diseñada para desplazar grandes cantidades de caudal. En espacios grandes como son los estacionamientos subterráneos para el control de monóxido de carbono. El ventilador debe tener las siguientes características.

Tipo de ventilador: Ventilador axial.

Motor: Motor clase F con rodamiento de bolas y protección IP55.

Potencia de motor: 1.1 KW.

Potencia Sonora: 56 dB.

Numero de fases: 3 fases (trifásico)

Voltaje: 380 Voltios.

Frecuencia: 60Hz.

Temperatura de trabajo: la temperatura -25°C a 40°C.

Caudal de ventilador: transporte hasta 6 109 *cfm*.

Acabado: Chapa de acero galvanizado.

Soportes de montaje lateral soldados (orejas o bases metálicas).

#### Figura 85

Ventilador Jet fans



Nota: Figura tomado de (SODECA, s.f.).

Cantidad: 14 unidades de Ventiladores Jet Fans.

Precio por unidad: S/. 5 578.19

Precio total: S/. 78 094.66

#### 6.2.11. SENSORES DE MONOXIDO DE CARBONO

El sensor de monóxido de carbono mide y controlan el monóxido de carbono de un estacionamiento y garantiza una buena ventilación.

Tiene una pantalla digital LED 3 1/2 con botones para calibrar el modo de funcionamiento.

Mostrar ppm en la pantalla con función de configuración.

Led: Verde (normal), Amarillo (intermedio) y Rojo (alarma).

Fuente de alimentación: 100mA max.

Alarma audible: 90dB por 30 minutos si llega a los 100ppm.

Temperatura: De forma continua 60°C a máximo 70°C.

Material: Policarbonato.

Caja: Dimensiones de 4.53" de alto x 3.55" de ancho x 2.3" de profundidad.

**Figura 86**

### Sensor de monóxido de carbono



Nota: Figura tomada de (SENVIA, 2014).

Cantidad: 28 unidades de Monóxido de Carbono.

Precio por unidad: S/. 497.02

Precio total: S/. 13 916.56

#### 6.2.12. TABLERO DE CONTROL INCLUIDO VARIADOR DE FRECUENCIA.

Tablero de control con todos sus componentes, este tablero debe controlar el buen funcionamiento de los ventiladores, jet fans y sensores de monóxido de carbono, ya que el sensor mandara una señal al ventilador dependiendo al parámetro configurado.

Diseño del tablero: Según norma IEC 61439.

Módulo de control: Encendido, control automático, manual y luz piloto.

Debe tener variador de frecuencia.

#### **Figura 87**

Tablero de control



Nota: Figura tomada de (REDCOIND, s.f.).

Cantidad: 01 unidades de Tableros de Control.

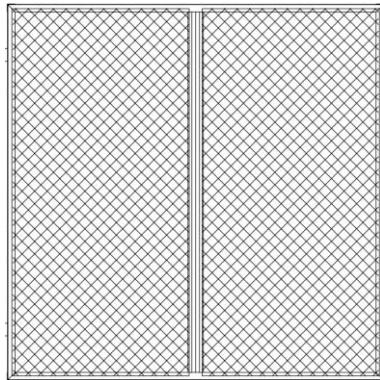
Precio total: S/. 14 560.00

#### 6.2.13. MALLA ANTIPÁJARO

La malla antipájaro es un elemento de protección que se instala en las bocas de ingreso y salida de aire de los ductos con el objetivo de evitar el ingreso de aves, roedores, hojas o cualquier objeto extraño dentro de los ductos de ventilación. Con estas mallas se evita daños en los ventiladores.

#### Figura 88

Malla antipájaro



Nota: Figura tomado del catálogo de (Soler & Palau).

Lamina desplegada galvanizada o alambre con recubrimiento galvanizado.

Diseño se debe realizar de acuerdo a las dimensiones del ducto.

Sistema de sujeción removible.

Cantidad: 02 unidades de Malla antipájaro.

Precio por unidad: S/. 230.00

Precio total: S/. 460.00

#### 6.2.14. SENSOR DE HUMO

El sensor de humo, es un dispositivo eléctrico diseñado para detectar la presencia de partículas de humo en el aire y generar una señal de alarma hacia el tablero de control para evitar el ingreso de humo hacia el interior. El sensor debe tener las siguientes especificaciones ver

#### **ANEXO 18.**

Velocidad del aire: 500 a 4000 fpm.

Temperatura de funcionamiento: 0°C a 70°C.

Humedad: 10% a 85%.

Frecuencia: 60 HZ.

Tapa transparente con tornillos para la instalación.

Luz led parpadeante que indique que el fluido se encuentra en condiciones normales.

**Figura 89**

Sensor de humo



Nota: Figura tomada de (ASOCIE AUTOMATIZACION E INSTRUMENTOS, s.f.).

Precio total: S/. 621.86

#### 6.2.15. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS VENTILADORES HELICOIDALES.

La instalación eléctrica consta de la instalación del ventilador helicoidal del sistema de inyección, del sistema de extracción, el sensor de humo al tablero eléctrico con una corriente de 380V y trifásica.

Precio total: S/. 4 000.00

#### 6.2.16. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS JET FANS Y SENsoRES DE CO.

La instalación eléctrica consta de los equipos jet fans, sensores de monóxido de carbono al tablero eléctrico, con una corriente de 380V y trifásica.

Precio total: S/. 5 000.00

#### 6.2.17. PRUEBA, BALANCEO Y ARRANQUE DEL SISTEMA.

Se refiere a las pruebas, balanceo y arranque de todo el Sistema de Ventilación.

Una vez que el sistema de ventilación en el estacionamiento se encuentre en funcionamiento, verificar el correcto funcionamiento del sistema instalado. Incluye la ejecución de pruebas operativas, el ajuste y equilibrado de caudales y parámetros de desempeño, y la puesta en marcha integral de los equipos y componentes, asegurando que operen conforme a los criterios de diseño y a los estándares técnicos aplicables.

Precio total: S/. 4 900.00

## CAPITULO VII:

### PRESUPUESTO DEL PROYECTO

#### 7. INTRODUCCIÓN

El presupuesto del sistema de ventilación mecánica con jet fans se desarrolla con el fin de determinar el costo de la instalación del sistema de ventilación, abarcando tanto los equipos principales como los materiales complementarios. A este costo se le denominará también como costo fijo.

También se mostrará el costo variable del sistema, en el cual se calculará el consumo energético mensual del sistema de ventilación mecánica.

Todos los costos y presupuestos serán expresados en moneda local, considerando el tipo de cambio de moneda a la fecha 28 de octubre de 2025.

$$1 \text{ dolar } (\$) = 3.40 \text{ soles S/}.$$

$$1 \text{ euro } (\text{€}) = 3.95 \text{ soles S/}.$$

#### 7.1. COSTO FIJO

El costo fijo está conformado por los valores de adquisición de los materiales, equipos y accesorios necesarios para el montaje del sistema de ventilación. Este grupo incluye los ventiladores helicoidales, ventiladores jet fans, el tablero eléctrico, ductos, sensores, soportes, cableado y todos los elementos constructivos que permiten la instalación completa del sistema. Estos costos se consideran independientes del nivel de operación del sistema, ya que no varían con el tiempo ni con las horas de funcionamiento, y se presentan únicamente durante la fase de implementación.

#### PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

El presupuesto del proyecto se elaboró con la recopilación de cotizaciones de los precios de los diferentes equipos y componentes requeridos.

**Tabla 19**

Presupuesto del sistema de ventilación del estacionamiento de Huancaro

| <b>PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA</b>            |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
|---|---|--------|----------|--------------|---------------|--------|--|--|--|--|--|--|
| <b>INSTALACIONES MECÁNICAS</b>                                    |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| : "DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON JET FANS PARA |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| PROYECTO  | CONTROLAR EL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL ESTACIONAMIENTO DEL CENTRO |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| COMERCIAL HUANCARO - CUSCO - PERU".                               |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| LUGAR   | : CUSCO - CUSCO - WANCHAQ   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| FECHA   | : Octubre - 2025  |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| ITEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD | UNITARIO     | PRECIO        | PRECIO |  |  |  |  |  |  |
|   |   |        |          |              | S/.           | S/.    |  |  |  |  |  |  |
| <b>EQUIPOS ELÉCTRICOS Y</b>                                       |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| <b>OE.5.6.</b>  | <b>MECÁNICOS</b>  |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE VENTILACIÓN</b>                                     |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| <b>OE.5.6.16</b>  | <b>MECÁNICA</b>   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| <b>OE.5.6.16.1 EQUIPOS DE VENTILACIÓN</b>                         |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| VENTILADOR HELICOIDAL DE  |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| OE.5.6.16.1.1   | CAUDAL DE 75 744 CFM, 37KW,                                       | und.   | 02       | S/ 56,551.56 | S/ 113,103.12 |        |  |  |  |  |  |  |
| 3F-380V-60HZ  |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| VENTILADOR JET FAN DE   |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| OE.5.6.16.1.2   | CAUDAL DE 3 743 CFM, 1.1 KW,                                      | und.   | 14       | S/ 5,578.19  | S/ 78,094.66  |        |  |  |  |  |  |  |
| 3F-380V-60HZ  |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE DUCTOS Y</b>  |   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| <b>OE.5.6.16.2</b>  | <b>ACCESORIOS</b>   |        |          |              |               |        |  |  |  |  |  |  |
| OE.5.6.16.2.1   | DUCTO DE VENTILACION  | m2     | 1365     | S/ 36,644.94 | S/ 36,644.94  |        |  |  |  |  |  |  |
| OE.5.6.16.2.2   | JUNTA FLEXIBLE 56"X56"  | und.   | 04       | S/ 250.00    | S/ 1,000.00   |        |  |  |  |  |  |  |

|               |   |      |    |              |              |
|---------------|---|------|----|--------------|--------------|
| OE.5.6.16.2.3 | SENSOR DE HUMO                                    | und. | 01 | S/ 621.86    | S/ 621.86    |
| OE.5.6.16.2.4 | SOPORTE DE LOS DUCTOS DE VENTILACION              | glb. | 01 | S/ 15,103.00 | S/ 15,103.00 |
| OE.5.6.16.2.5 | SOPORTE DE LOS VENTILADORES JET FANS              | glb. | 01 | S/ 1,625.30  | S/ 1,625.30  |
| OE.5.6.16.2.6 | SOPORTE DE RESORTE PARA VENTILADOR HELICOIDAL     | und. | 08 | S/ 407.29    | S/ 3,258.29  |
| OE.5.6.16.2.7 | SOPORTE DE ANTIVIBRATORIO PARA VENTILADOR JET FAN | und. | 56 | S/ 68.00     | S/ 3,808.00  |
| OE.5.6.16.2.8 | REJILLA DEL SISTEMA DE INYECCION 48"X24"          | und. | 09 | S/ 468.49    | S/ 4,216.37  |
| OE.5.6.16.2.9 | REJILLA DEL SISTEMA DE EXTRACCION 48"X24"         | und. | 10 | S/ 420.21    | S/ 4,202.06  |

#### **OE.5.6.16.3 DISPOSITIVO DE CONTROL**

|               |  |      |    |              |              |
|---------------|--|------|----|--------------|--------------|
|               | TABLERO DE CONTROL                             |      |    |              |              |
| OE.5.6.16.3.1 | INCLUIDO VARIADOR DE VELOCIDAD                 | und. | 01 | S/ 14,560.00 | S/ 14,560.00 |
| OE.5.6.16.3.2 | SENSOR DE MONOXIDO DE CARBONO CON PANTALLA LED | und. | 28 | S/ 497.02    | S/ 13,916.56 |

#### **OE.5.6.16.4 COMPLEMENTARIOS**

|               |  |      |    |             |             |
|---------------|--|------|----|-------------|-------------|
|               | MALLA ANTIPAJARO EN                                    |      |    |             |             |
| OE.5.6.16.4.1 | ALAMBRE CON RECUBRIMIENTO GALVANIZADO                  | und. | 02 | S/ 230.00   | S/ 460.00   |
| OE.5.6.16.4.2 | INSTALACION ELÉCTRICA DE LOS VENTILADORES HELICOIDALES | glb. | 01 | S/ 4,000.00 | S/ 4,000.00 |

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE

|                                |   |      |    |             |             |
|--------------------------------|---|------|----|-------------|-------------|
| OE.5.6.16.4.3                  | LOS EQUIPOS JET FANS Y LOS<br>SENSORES DE CO  | glb. | 01 | S/ 5,000.00 | S/ 5,000.00 |
| OE.5.6.16.4.4                  | PRUEBAS DE BALANCEO Y<br>ARRANQUE DEL SISTEMA | glb. | 01 | S/ 4,900.00 | S/ 4,900.00 |
| PRECIO TOTAL S/. S/ 304,514.16 |   |      |    |             |             |

Nota: Elaborado en Microsoft Excel.

Según el diseño, la elaboración del proyecto del sistema de ventilación para el estacionamiento y haciendo cotizaciones de los materiales a usar, se tiene un presupuesto de inversión de Trescientos cuatro mil quinientos catorce con dieciséis céntimos S/. 304 514.16 nuevos soles.

$$\text{Costo fijo} = S/. 304\,514.16$$

## 7.2. COSTO VARIABLE

El costo variable también llamado costo de operación, se encuentra directamente vinculado a la operación del sistema, principalmente a través del consumo energético mensual. Este valor depende de la potencia instalada de los equipos de ventilación, el número de horas de funcionamiento proyectado y la tarifa eléctrica vigente. Para su determinación se calcula el consumo energético por equipo y por todo el sistema, permitiendo estimar el gasto mensual asociado a la operación. Se estima que el sistema trabajará de manera intermitente durante 12 horas diarias a lo largo de un periodo mensual.

Trabajando el sistema por un mes que son 31 días, se tiene:

$$12 \text{ h/día} * 31 \text{ días} \Rightarrow 372 \text{ h}$$

Se tiene un total de 372 h de trabajo mensual.

- a) VENTILADOR HELICOIDAL

En las siguientes figuras se tienen los datos para el cálculo, la potencia de los ventiladores helicoidales y la tarifa eléctrica según el ente que suministra energía que es Electro Sur Este.

### **Figura 90**

Potencia del ventilador helicoidal

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| <b>Potencia Mecánica Nominal (kW)</b> | 37 |
|---------------------------------------|----|

Nota: Figura tomada de (SODECA, s.f.).

Se tiene los siguientes datos:

- Potencia del equipo: 37 KW
- Tarifa eléctrica: 2.68 soles (Electro Sur Este, 2025).
- Horas de operación anual: 372 h

Se calcula el Consumo total de energía (E) para lo cual se tiene la siguiente formula.

$$E = P * h$$

Donde:

P: Potencia del equipo.

h: Horas de operación anual.

Reemplazando se tiene:

$$E = 37 \text{ KW} * 372 \text{ h}$$

$$E = 13\,764 \text{ KWh/mes}$$

Se calcula el costo de la energía (C) para lo cual se tiene la siguiente formula.

$$C = E * T$$

Donde:

T: Tarifa eléctrica.

Reemplazando se tiene:

$$C = 13\,764 \text{ KWh/mes} * 2.68 \text{ soles}$$

$$C = 36\,887.52 \text{ soles/mes}$$

Debido a que en el sistema se usará dos ventiladores helicoidales, el resultado se multiplicara por dos por ende se tiene como costo de la energía.

$$C = 36\,887.52 * 2$$

$$C = 73\,775.04 \text{ soles/mes}$$

### b) VENTILADOR JET FAN

Para los ventiladores tipo jet fan se tiene los siguientes datos.

**Figura 91**

Potencia del ventilador jet fan

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <b>Potencia Mecánica Nominal (kW)</b> | 1,1 |
|---------------------------------------|-----|

Nota: Figura tomada de (SODECA, s.f.).

Se tiene los siguientes datos:

- Potencia del equipo: 1.1 KW
- Tarifa eléctrica: 2.68 soles (Electro Sur Este, 2025).
- Horas de operación anual: 372 h

Se calcula el Consumo total de energía (E) para lo cual se tiene la siguiente formula.

$$E = P * h$$

Donde:

P: Potencia del equipo.

h: Horas de operación anual.

Reemplazando se tiene:

$$E = 1.1 \text{ KW} * 372 \text{ h}$$

$$E = 409.2 \text{ KWh/mes}$$

Se calcula el costo de la energía (C) para lo cual se tiene la siguiente formula.

$$C = E * T$$

Donde:

T: Tarifa eléctrica.

Reemplazando se tiene:

$$C = 409.2 \text{ KWh/mes} * 2.68$$

$$C = 1\,096.66 \text{ soles/mes}$$

Debido a que en el sistema se usará 14 ventiladores jet fan, el resultado se multiplicara por 14 por ende se tiene como costo de la energía.

$$C = 1\,096.66 * 14$$

$$C = 15\,353.18 \text{ soles/mes}$$

El costo variable total resulta de la suma de los costos operativos correspondientes a los ventiladores helicoidales y a los ventiladores tipo jet fan, obteniéndose el siguiente valor:

$$\text{Costo Variable} = S/. 89\,128.22$$

Finalmente, la suma del costo fijo y el costo variable proporciona el costo del sistema de ventilación. Este análisis permite establecer una visión integral del esfuerzo económico que implica tanto la implementación como la operación del sistema a lo largo del tiempo, constituyendo un insumo esencial para la formulación técnica del proyecto y la toma de decisiones que garanticen su operatividad y adecuada gestión.

$$\text{Costo total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo variable}$$

$$\text{Costo total} = 304\,514.16 + 89\,128.22$$

$$\text{Costo total} = S/. 393\,642.38$$

## CONCLUSIONES

Se logró diseñar el sistema de ventilación mecánica con equipos jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento del centro comercial Huancaro.

Se logró definir los parámetros de diseño del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento. Los parámetros de diseño son las siguientes, área del estacionamiento  $5\ 719\ m^2$ , Volumen del estacionamiento  $25\ 735.5\ m^3$ , Temperatura promedio en el distrito de Santiago  $15^\circ C$ , Densidad del aire  $0.81\ kg/m^3$ , Numero de renovaciones por hora de acuerdo a la norma  $5\ renov/h$ . Estos parámetros constituyen una referencia fundamental para el desarrollo y dimensionamiento adecuado del sistema de ventilación.

Se logró desarrollar el cálculo del sistema hidráulico del sistema de ventilación para el estacionamiento, diseñándose la distribución de los ductos y selección de los equipos a utilizarse. Como resultado se obtuvo un caudal total de  $75\ 744\ cfm$  con una pérdida de presión de  $321\ Pa$  en el sistema de inyección y  $327\ Pa$  en el sistema de extracción, ambos sistemas emplean ventiladores CJTHT-125-4T/6-50-22°-F-300 60HZ, complementados con equipos de ventilación jet fan modelo HCT/IMP-LS-UNI-35-2T-1.5 60HZ con un caudal de  $3\ 743\ cfm$ . Así mismo, se consideraron rejillas de inyección y extracción con un caudal de  $9\ 156\ cfm$  y  $7\ 680\ cfm$  respectivamente y sensores de monóxido de carbono. También se hizo la verificación del funcionamiento del sistema de ventilación mediante una simulación CFD el cual se pudo observar que en el escenario más crítico de contaminación, la concentración de monóxido de carbono se reduce hasta los  $13\ ppm$  luego de 15 minutos de funcionamiento del sistema con una velocidad menor de  $0.3\ m/s$  a una altura de  $1.50\ m$  sobre el piso terminado, condición que garantiza un ambiente seguro y confortable para los ocupantes.

Se logró desarrollar el cálculo del sistema mecánico del sistema de ventilación mecánica con jet fans para el control de monóxido de carbono en el estacionamiento. Los soportes para los ductos de ventilación, soportes con colgadores y soporte de resorte antivibratorio para los equipos jet fans, junto con el cálculo de soporte de resorte antivibratorios para los ventiladores helicoidales con el fin de mitigar los riesgos estructurales y garantizar la estabilidad de los equipos. También se hizo una descripción de las especificaciones técnicas que deben cumplir los materiales y equipos que conforman el sistema de ventilación.

Se realizó el presupuesto de inversión para la implementación del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento. El presupuesto estimado para la ejecución del proyecto asciende a trescientos cuatro mil quinientos catorce con dieciséis céntimos S/. 304 514.16 nuevos soles, monto que incluye todos los costos asociados a la instalación y puesta en funcionamiento del sistema de ventilación.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a los profesionales dedicados al diseño de sistemas de ventilación emplear selectores de equipos de ventilación de marcas conocidas a fin de garantizar la adecuada operación, eficiencia y confiabilidad del sistema de ventilación.

Se recomienda al lector adquirir conocimientos en simulación CFD (dinámica de fluidos computacional) con el propósito de realizar cálculos más precisos, confiables y comprobados que contribuyan al diseño seguro y eficiente de los sistemas de ventilación.

Se recomienda al Gobierno Regional la ejecución del proyecto, dado que esta representa una solución eficiente y económica favorable, al optimizar el uso del espacio y reducir la cantidad de ductos necesarios. Además, el sistema propuesto demuestra la efectividad en la extracción de monóxido de carbono dentro del estacionamiento, garantizando así un ambiente más seguro y salubre.

Se recomienda a la universidad ampliar la formación académica de los estudiantes mediante la implementación y enseñanza de un mayor número de programas de simulación CFD, con el fin de fortalecer sus competencias en el análisis y diseño de sistemas de ventilación y otras aplicaciones ingenieriles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACEROS CREA. (s.f.). *ANGULOS DE ACERO*. Obtenido de <https://laminas.com.mx/perfil-comercial/angulo-de-acero/>

Aguilar Ferraro, S. (2024). Analisis de la ventilacion en interiores mediante simulacion CFD para mejorar la calidad de aire. *Asociacion Argentina de Mecanica Computacional*, 11.

ALBERTO ANTONIO GRANADOS AYALA, A. A. (2022). ALBERTO ANTONIO GRANADOS AYALA . Guayaquil, Ecuador.

AMC Mecanocaucho. (s.f.). *SOPORTE DE TECHO GANA GRAN AKUSTIK*. Obtenido de <https://www.mecanocaucho.com/es/productos/soporte-de-techo/soportes-de-techo-gama-gran-akustik/#plano-3>

Andres. (2020). DISEÑO DE DUCTOS 2020. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/516153097/Diseno-de-Ductos-2020>

ASHRAE. (2007). *Ventilacion para una Calidad Aceptable de Aire Interior*.

ASHRAE. (2022). *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality*.

ASHRAE HANDBOOK. (2009). *FUNDAMENTALS*. Obtenido de <https://www.ashrae.org/>  
ASHRAE Handbook. (2019). *Las Aplicaciones de HVAC*.

ASOCIE AUTOMATIZACION E INSTRUMENTOS. (s.f.). *DETECTOR DE HUMO FOTOELECTRICO PARA CONDUCTOS SL-2000-P*. Obtenido de [https://apcfire.com/product/ductsmokedetector\\_sl2000/](https://apcfire.com/product/ductsmokedetector_sl2000/)

AYALA, A. A. (2019). DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS ESTACIONAMIENTOS SUBTERRÁNEOS DEL EDIFICIO DE OFICINAS TIME, DISTRITO DE SURCO

LIMA". Callao, Perú.

Barrera, S. (04 de Octubre de 2020). *Propuesta País*. Obtenido de

<https://propuestapais.pe/noticia/la-necesidad-de-una-politica-de-estacionamiento-vehicular-en-lima-metropolitana/>

BIYANG. (2025). *GALVANIZED STEEL DUCTWORK*. Obtenido de

<https://buyductings.com/galvanized-steel-ductwork/>

Carrier Air Conditioning Company. (1980). *MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO*. New York: MARCOMBO. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/571484690/Carrier-Manual-de-Aire-Acondicionado>

CED ENGINEERING. (s.f.). HVAC - COMO DIMENSIONAR Y DISEÑAR CONDUCTOS.

CONSTRUMOLE. (2022). *Varilla Roscada Zincada 1/4" X 3MTS*. Obtenido de

[https://www.construmole.com/producto/varilla-roscada-zincada-1-4-x-3mts/?utm\\_source=Divisi%F3n+de+Mason+Industries.+\(Agosto+de+2016\).+Cat%F3logo+de+Productos+y+Gu%C3%ADa+de+Referencia.](https://www.construmole.com/producto/varilla-roscada-zincada-1-4-x-3mts/?utm_source=Divisi%F3n+de+Mason+Industries.+(Agosto+de+2016).+Cat%F3logo+de+Productos+y+Gu%C3%ADa+de+Referencia.)

El Comercio. (17 de abril de 2018). *El Comercio*. Obtenido de

<https://elcomercio.pe/economia/dia-1/estacionamiento-gratuito-impactaria-malls-usuarios-noticia-512422-noticia/?ref=ecr>

Electro Sur Este. (04 de noviembre de 2025). *Pliego Tarifario del 04.11.2025*. Obtenido de

<https://www.gob.pe/institucion/electrosureste/informes-publicaciones/7364270-pliego-tarifario-del-04-11-2025>

Escoda S.A., Salvador. (marzo de 2023). Manual Practico de VentilacióN.

GebhardtStahl. (s.f.). *JUNTAS FLEXIBLES*. Obtenido de <https://www.gebhardt-stahl.de/es/Sistemas-de-ventilacion/Sistemas-de-autoconstruccion/Juntas-flexibles-uniones-flexibles/>

INNES. (s.f.). Rejilla de retorno tipo cuadricula 45°.

INNES. (s.f.). Rejillas de Inyeccion doble deflexión.

INTERNACIONAL STANDARD. (15 de agosto de 2003). MECHANICAL VIBRATION -

BALANCE QUALITY REQUIREMENTS FOR ROTORS IN A CONSTANT (RIGID) STATE. *ISO 1940-1.*

Jos WISSINK M.Sc, I. R. (2012). JET-FAN SYSTEMS IN SPRINKLERED CAR PARKS.

Kinextec. (s.f.). *Kinextec*. Obtenido de <https://kinextec.com/producto/ventiladores-de-flujo-axial/>

L. Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. Mexico: Pearson Educación.

McQuiston, F. C. (2005). *Calefacción, ventilación y aire acondicionado: Análisis y diseño*.

Metrologia e Instrumentación. (s.f.). Sensor de Monóxido de Carbono Comercial con Display -

Modelo HD1100. Obtenido de [https://gpmetrologiaperu.com/producto/sensor-de-](https://gpmetrologiaperu.com/producto/sensor-de-monoxido-carbono-comercial-con-display-modelo-hd1100/)  
[monoxido-carbono-comercial-con-display-modelo-hd1100/](https://gpmetrologiaperu.com/producto/sensor-de-monoxido-carbono-comercial-con-display-modelo-hd1100/)

MIGUEL, C. H. (2021). “DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON JETFAN PARA EXTRAER LA CONCENTRACIÓN DE GASES CONTAMINANTES EN LOS ESTACIONAMIENTOS DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR MARBELLO, MAGDALENA”. Callao, Perú.

Ministerio de Salud. (2015, 27 de enero). *NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 113-MINSA/DGIEM-V.01*. Lima.

Ministerio de Vivienda, C. y. (04 de noviembre de 2021). Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, (Norma EM.030). Lima, Lima, Lima.

Ministerios de Vivienda, C. y. (23 de Set. de 2020).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686415/EM.030%20Instalaciones%20de%20Ventilaci%C3%B3n.pdf>.

- Moises Paradas, R. S. (Febrero de 2020). <https://es.scribd.com/document/453745200/2-ESTACIONAMIENTOS>.
- NFPA. (2019). *Standard for Parking Structures*.
- Rahif, R. (2019). CFD Assessment of Car Park Ventilation System in Case of Fire Event. Roma.
- REDCOIND. (s.f.). *TABLEROS DE CONTROL*. Obtenido de  
<https://redcoind.pe/producto/tablero-de-control-para-sistema-de-presion-constante/>
- SALVADOR ESCODA S.A. (s.f.). PÉRDIDA DE PRESIÓN EN LOS DUCTOS DE AIRE.
- SENAMHI. (2025). Datos Hidrometeorologicos en Cusco. Cusco, Perú. Obtenido de  
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cusco&p=estaciones>
- SENVIA. (03 de marzo de 2014). CO Sensor/Controller.  
*Severidad Vibración ISO 10816-3*. (s.f.). Obtenido de  
<https://es.scribd.com/document/343734670/Carta-de-Severidad?v=0.397>
- Sinem Sultansu, A. O. (2020). The CFD Analysis of Ventilation and Smoke Control System with Jet Fan in a Parking Garage. *ARAŞTIRMA MAKALESİ*.
- SMACNA. (mayo de 2020). *HVAC DUCT CONSTRUCTION STANDARDS METAL AND FLEXIBLE*. EE.UU: SHEET METAL AND AIR CONDITIONING CONTRACTORS' NATIONAL SSOCIATION, INC.
- SODECA. (s.f.). *HCT/IMP 60HZ*. Obtenido de  
<https://www.sodeca.pe/es/productos/p1000000581#prod>
- SODECA. (s.f.). *VENTILADOR HELICOIDAL ATEX CJHT/ATEX*. Obtenido de  
<https://www.sodeca.com/es/productos/cjht-atex-p1000000308?cs=s17>
- Solar Zasa, D. (12 de julio de 2023). *TIPO DE VENTILACION NATURAL PARA TU CASA SIN GASTAR ENERGIA ELECTRICA: VENTILACION NATURAL INDUCIDA*. Obtenido de

Solar Zasa, Design: <https://youtu.be/PT7ZgMXKY-Y>

Soler & Palau. (Agosto de 2020). Ventilador Tuboaxial Jet Fan.

Soler & Palau. (noviembre de 2024). MANUAL VENTILADORES CENTRÍFUGOS. Mexico.

Soler & Palau. (s.f.). Sistema de Ventilación. Obtenido de

<https://www.solerpalau.mx/producto.php?linea=Comercial&modelo=Jet+Fan&submodelo=TCP>

Soler&Palau. (02 de agosto de 2020). *VENTILADORES CENTRIFUGOS DE IMPULSO JET FAN*. Obtenido de <https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/cata/General.pdf>

UNE 100166 Norma Española. (2019). *Climatizacion, Ventilacion de aparcamientos*. España: AFEC.

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA AZCAPOTZALCO, Cd. de Mexico. (18 de Julio - Diciembre de 2017). MONITOREO DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO USANDO TECNOLOGÍA LONG-RANGE. *INGENIUS, REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 11. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/ing/n18/1390-650X-ing-18-00073.pdf>

**ANEXOS**

**ANEXO 01: Matriz de consistencia.**

| <b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| <b>Título: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON JET FANS PARA CONTROLAR EL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL ESTACIONAMIENTO DEL CENTRO COMERCIAL HUANCARO - CUSCO - PERÚ"</b>                                       |  |  |  |  |
| <b>PROBLEMA</b>   | <b>OBJETIVOS</b>   | <b>HIPÓTESIS</b>   | <b>VARIABLES</b>   | <b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>  |
| <b>Problema General:</b> ¿Cómo diseñar el sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento del centro comercial Huancaro-Cusco-Perú?                              | <b>Objetivo General:</b> Diseñar el sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento del centro comercial Huancaro-Cusco-Perú.               | <b>Hipótesis General:</b> El diseño del sistema de ventilación mecánica con Jet fans, permitirá el control del monóxido de carbono en el estacionamiento del centro comercial Huancaro-Cusco-Perú.   | <b>Variable Independiente:</b><br>Equipos de Ventilación.<br>Sensores de Monóxido de carbono.<br><b>Variable Dependiente:</b><br>Trayectoria del Flujo de Aire.<br>Concentración ppm del monóxido de carbono CO. |  |
| <b>Problema Específico 1:</b> ¿Cuáles son los parámetros de diseño del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento?  | <b>Objetivo Específico 1:</b> Definir los parámetros de diseño del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.                         | <b>Hipótesis Específico 1:</b> Si se definen los parámetros de diseño mediante el RNE E030, se logrará diseñar el sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.                                      | <b>Variable Independiente 1:</b><br>Volumen del establecimiento.<br>Área del Establecimiento.<br><b>Variable Dependiente 1:</b><br>Concentración ppm del monóxido de carbono CO.                                 | <b>Enfoque:</b> Cuantitativo<br><b>Tipo:</b> Aplicada<br><b>Diseño:</b> No Experimental<br><b>Alcance:</b> Explicativo |
| <b>Problema Específico 2:</b> ¿De qué manera desarrollar el cálculo del sistema hidráulico para mantener la concentración de CO menor a 35 ppm con el sistema de ventilación mecánica con jet fans en el estacionamiento? | <b>Objetivo Específico 2:</b> Desarrollar el cálculo del sistema hidráulico para mantener la concentración menor a 35 ppm con el sistema de ventilación mecánica con jet fans en el estacionamiento. | <b>Hipótesis Específico 2:</b> El cálculo del sistema hidráulico y la simulación de dinámica de fluidos computacional del sistema de ventilación mecánica, ayudará a controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento según lo recomienda la norma ASHRAE. | <b>Variable Independiente 2:</b><br>Equipos de Ventilación.<br><b>Variable Dependiente 2:</b><br>Trayectorias de Flujo de aire.<br>Distribución de la Velocidad de aire.<br>Caída de presión.                    |  |
| <b>Problema Específico 3:</b> ¿De qué manera desarrollar el cálculo del sistema mecánico del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento?                    | <b>Objetivo Específico 3:</b> Desarrollar el cálculo del sistema mecánico del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.              | <b>Hipótesis Específico 3:</b> El cálculo del sistema mecánico del sistema de ventilación mecánica con jet fans, permitirá mitigar riesgos estructurales y garantizar la estabilidad de los ductos.  | <b>Variable Independiente 3:</b><br>Equipos de Ventilación.<br>Potencia del equipo.<br><b>Variable Dependiente 3:</b><br>Dimensiones de ductos.  |  |
| <b>Problema Específico 4:</b> ¿Cuál es el costo de la implementación del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento?  | <b>Objetivo Específico 4:</b> Estimar el costo de la implementación del sistema de ventilación mecánica con jet fans para controlar el monóxido de carbono en el estacionamiento.                    | <b>Hipótesis Específico 4:</b> Teniendo el costo de cada equipo y material del sistema de ventilación mecánica con jet fans, permitirá establecer el presupuesto requerido para la ejecución del proyecto.   | <b>Variable Independiente 4:</b><br>Equipos de Ventilación.<br><b>Variable Dependiente 4:</b><br>Costo de la instalación.  |  |

ANEXO 02: Operaciones de variables.

| OPERACIÓN DE VARIABLES |                                       |  |   |                  |
|------------------------|---------------------------------------|--|---|------------------|
| TIPO                   | VARIABLE                              | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL                  | UNIDAD DE MEDIDA |
| Independiente          | Equipos de ventilación                | Ventiladores utilizados para la inducir y evacuar el flujo de aire     | Catálogo del fabricante                 | -                |
|                        | Potencia del equipo                   | Consumo energético de los ventiladores                                 | Datos del fabricante                    | KW               |
|                        | Sensor de monóxido de carbono         | Dispositivo eléctrico capaz de detectar y medir la concentración de CO | Catálogo del fabricante                 | -                |
|                        | Área del estacionamiento              | Superficie útil del estacionamiento                                    | Medición en planos arquitectónicos      | m <sup>2</sup>   |
|                        | Volumen del estacionamiento           | Espacio total del recinto destinado al estacionamiento                 | Cálculo geométrico a partir de planos   | m <sup>3</sup>   |
| Dependiente            | Concentración de monóxido de carbono  | Nivel de monóxido de carbono presente en el estacionamiento            | Sensor o sistema de monitoreo           | ppm              |
|                        | Distribución de la velocidad del aire | Velocidad inducida por los ventiladores                                | Simulación CFD                          | m/s              |
|                        | Caída de presión                      | Pérdida de presión total en el sistema de ventilación                  | Calculo aerodinámico                    | Pa               |
|                        | Dimensiones del ducto                 | Medida geométrica de los ductos ancho x alto                           | Mediante balance del caudal y velocidad | m                |
|                        | Costo de instalación                  | Gasto necesario para poner en funcionamiento un sistema                | Cotizaciones de proveedores             | S./.             |

## ANEXO 03: RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones).

ventilación sea acondicionado, en cuyo caso, se requerirá una renovación de aire cada siete y medio minutos.

La recirculación de aire, no está permitida en tales ambientes.

### 7.1.4.1 Baños Públicos

La ventilación mecánica de cuartos de baño o servicios higiénicos para el público, se efectuará mediante un sistema de extracción que descargue al exterior de la edificación.

### 7.1.5 Bóvedas y Cuartos de Máquina

La ventilación de bóvedas y cuartos de máquinas ubicadas en sótanos, requiere una renovación de aire cada 3 min durante los períodos de ocupación humana, salvo que estén dotados de ventilación permanente.

### 7.1.6 Estacionamientos

En todas las edificaciones empleadas para estacionamiento o manejo de automóviles operando con su propio motor y en todas las edificaciones para almacenamiento o uso de líquidos inflamables, se proveerá de una ventilación por extracción que produzca una renovación de aire cada 12 minutos.

**Tabla N° 06  
Condiciones de Diseño para Estacionamientos**

| ESTACIONAMIENTO  | VENTILACIÓN NATURAL | VENTILACIÓN MECÁNICA | CONDICIONES DE DISEÑO   |
|--|---------------------|----------------------|---|
| Semisótanos  | X                   |                      | los semisótanos deberán tener sólo ventilación natural                                      |
| ≤ 25 m <sup>2</sup>  | X                   |                      |   |
| ≥ 100 m <sup>2</sup>   | X                   | X                    | de no lograrse la ventilación cruzada suficiente serán provistas de ventilación mecánica.   |
| de 100 m <sup>2</sup> hasta 1000 m <sup>2</sup> y más de 1000 m <sup>2</sup> de superficie de piso | X                   | X                    | de no lograrse ventilación transversal suficiente, serán provistos de ventilación mecánica. |

#### 7.1.6.1 Estacionamientos en sótanos.

La ventilación de estacionamiento en sótanos, deberá ser permanente y se efectuará por un sistema mecánico de impulsión y extracción que suministre un mínimo de doce metros cúbicos de aire exterior, por hora y por metro cuadrado de área de piso, incluyendo el área de circulación, pero manteniendo el mínimo de renovación de aire cada doce minutos. A partir del tercer sótano o más, deberá ser cumplimiento obligatorio.

El sistema mecánico de impulsión de aire se instalará en la parte superior lo más cercano al techo; la ubicación de la extracción será definida por el Profesional Responsable.

La altura de descarga mínima será de +1,50 m encima del nivel de último techo para el caso de sótanos de estacionamientos en edificaciones con pisos superiores, siempre y cuando no afecte las edificaciones colindantes en cuyo caso se usarán filtros.

Para el caso de sótanos de estacionamientos sin edificaciones en pisos superiores (estacionamientos públicos), la altura de descarga mínima será de 3,00 m por encima del nivel del techo o el sistema de extracción deberá contar con ductos de salida de gases

que no afecte las edificaciones colindantes, la vía pública, ni a la propia edificación; en cuyo caso se usarán filtros.

En los estacionamientos que excedan de cinco plazas o de 100 m<sup>2</sup> útiles debe disponer de un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) en cada planta que se active automáticamente el o los aspiradores mecánicos cuando se alcance una concentración de 50 p.p.m. en estacionamientos donde se prevea que existan empleados y una concentración de 100 p.p.m. en caso contrario.

Se recomienda tomar en cuenta el empleo de variadores de velocidad para el control de extractores de monóxido de carbono (CO), garantizando eficiencia energética.

#### **7.1.7 Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo (Norma A.050 Salud).**

Como medida de bioseguridad, en los establecimientos de salud, es necesario mantener la asepsia en los siguientes ambientes:

- UPSS Centro Quirúrgico.
- UPSS Cuidados Intensivos.
- UPSS Central de Esterilización.
- Otros ambientes especiales que requieran esta condición.

Otra medida de bioseguridad que debe adoptarse en los establecimientos de salud es el aislamiento de pacientes infectados de los susceptibles huéspedes, áreas o ambientes contaminados del resto de ambientes, áreas donde se manejen o almacenen muestras, dispositivos, materiales, sustancias, residuos peligrosos, cualquier clase de dispositivos o bienes en general que estén contaminados:

- UPSS Patología Clínica (Laboratorio Clínico).
- Salas de Pacientes Aislados
- Ambientes de almacenamiento y/o procesamiento de residuos sólidos peligrosos, o en estado líquido o gaseoso con potencial riesgo biológico.
- Otros ambientes contaminados.

Tanto la asepsia como el aislamiento hospitalario contribuyen a evitar infecciones intrahospitalarias y proteger la vida y salud de las personas que se encuentren dentro y fuera de estos ambientes.

Las Unidades de Producción de Servicios de Salud – UPSS de los establecimientos de salud donde se requiera asepsia o aislamiento, deberán estar provistas de sistemas de ventilación mecánica con presión positiva o negativa de acuerdo a los siguientes criterios:

- Cuando el objetivo es mantener la asepsia del aire circulante de la habitación libre de contaminación exterior, se usará presión positiva.
- Cuando el objetivo es el aislamiento del ambiente y evitar que el aire del interior de la habitación contamine el aire del exterior, se usará presión negativa.

Se usarán sistemas de ventilación mecánica y acondicionamiento de aire, del tipo 100% de aire exterior, con presión positiva en los ambientes de:

- UPSS Centro Quirúrgico.
- UPSS Cuidados Intensivos.
- UPSS Central de Esterilización.
- Otros ambientes especiales que requieran asepsia.

En las salas de operaciones, salas de cuidados intensivos y salas de partos se aplicará además, de ser necesario, humectación para reducir la formación de carga eléctrica estática.

**ANEXO 04: ASHRAE (Ventilación para una calidad aceptable del aire interior).**

**Table 6-2 Minimum Exhaust Rates**

| Occupancy Category  | Exhaust Rate,<br>cfm/unit | Exhaust Rate,<br>cfm/ft <sup>2</sup> | Notes | Exhaust Rate,<br>L/s·unit | Exhaust Rate,<br>L/s·m <sup>2</sup> | Air<br>Class |
|---|---------------------------|--------------------------------------|-------|---------------------------|-------------------------------------|--------------|
| <b>Animal Facilities</b>  |                           |                                      |       |                           |                                     |              |
| Animal imaging (MRI/CT/PET)                                       | —                         | 0.90                                 |       | —                         | 4.5                                 | 3            |
| Animal operating rooms  | —                         | 3.00                                 |       | —                         | 15                                  | 3            |
| Animal postoperative recovery room                                | —                         | 1.50                                 |       | —                         | 7.5                                 | 3            |
| Animal preparation rooms  | —                         | 1.50                                 |       | —                         | 7.5                                 | 3            |
| Animal procedure room   | —                         | 2.25                                 |       | —                         | 11.3                                | 3            |
| Animal surgery scrub  | —                         | 1.50                                 |       | —                         | 7.5                                 | 3            |
| Large-animal holding room   | —                         | 2.25                                 |       | —                         | 11.3                                | 3            |
| Necropsy  | —                         | 2.25                                 |       | —                         | 11.3                                | 3            |
| Small-animal-cage room (static cages)                             | —                         | 2.25                                 |       | —                         | 11.3                                | 3            |
| Small-animal-cage room (ventilated cages)                         | —                         | 1.50                                 |       | —                         | 7.5                                 | 3            |
| Arenas  | —                         | 0.50                                 | B     | —                         | —                                   | 1            |
| Art classrooms  | —                         | 0.70                                 |       | —                         | 3.5                                 | 2            |
| Auto repair rooms   | —                         | 1.50                                 | A     | —                         | 7.5                                 | 2            |
| Barber shops  | —                         | 0.50                                 |       | —                         | 2.5                                 | 2            |
| Beauty and nail salons  | —                         | 0.60                                 |       | —                         | 3.0                                 | 2            |
| Cells with toilet   | —                         | 1.00                                 |       | —                         | 5.0                                 | 2            |
| Copy, printing rooms  | —                         | 0.50                                 |       | —                         | 2.5                                 | 2            |
| Darkrooms   | —                         | 1.00                                 |       | —                         | 5.0                                 | 2            |
| Educational science laboratories                                  | —                         | 1.00                                 |       | —                         | 5.0                                 | 2            |
| Janitor closets, trash rooms, recycling                           | —                         | 1.00                                 |       | —                         | 5.0                                 | 3            |
| Kitchenettes  | —                         | 0.30                                 |       | —                         | 1.5                                 | 2            |
| Kitchens—commercial   | —                         | 0.70                                 |       | —                         | 3.5                                 | 2            |
| Locker rooms for athletic, industrial, and health care facilities | —                         | 0.50                                 |       | —                         | 2.5                                 | 2            |
| All other locker rooms  | —                         | 0.25                                 |       | —                         | 1.25                                | 2            |
| Shower rooms  | 20/50                     |                                      | G, I  | 10/25                     |                                     | 2            |
| Paint spray booths  | —                         | —                                    | F     | —                         | —                                   | 4            |
| Parking garages   | —                         | 0.75                                 | C     | —                         | 3.7                                 | 2            |
| Pet shops (animal areas)  | —                         | 0.90                                 |       | —                         | 4.5                                 | 2            |
| Refrigerating machinery rooms                                     | —                         | —                                    | F     | —                         | —                                   | 3            |
| Residential kitchens  | 50/100                    | —                                    | G     | 25/50                     | —                                   | 2            |
| Soiled laundry storage rooms                                      | —                         | 1.00                                 | F     | —                         | 5.0                                 | 3            |
| Storage rooms, chemical   | —                         | 1.50                                 | F     | —                         | 7.5                                 | 4            |
| Toilets—private   | 25/50                     | —                                    | E, H  | 12.5/25                   | —                                   | 2            |
| Toilets—public  | 50/70                     | —                                    | D, H  | 25/35                     | —                                   | 2            |
| Woodwork shop/classrooms  | —                         | 0.50                                 | —     | —                         | 2.5                                 | 2            |

## ANEXO 05: NFPA (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios).

**6.1.2** Las áreas donde se almacenen, manejen o dispensen líquidos inflamables se deben delinear y clasificar para la instalación de equipos eléctricos de acuerdo con NFPA 30A.

### 6.2 Calefacción.

**6.2.1** El equipo de calefacción deberá cumplir con NFPA 90A, NFPA 31, NFPA 54/ANSI Z223.1, NFPA 211 y el *Código Mecánico Uniforme*, según corresponda.

**6.2.2 A** menos que se permita lo contrario en 6.2.3, todas las llamas asociadas con el equipo de calefacción deben estar ubicadas a un mínimo de 500 mm (18 pulg.) por debajo del ensamblaje del piso y el techo o 500 mm (18 pulg.) por encima del piso.

**6.2.3** No se debe requerir que el equipo de calefacción ubicado de manera que esté protegido por una partición a no menos de 500 mm (18 pulgadas) sobre el piso para cumplir con el requisito de 6.2.2.

**6.2.4** Se prohibirá el uso de hornos improvisados, calentadores de construcción y calentadores de espacio.

### 6.3 Ventilación.

**6.3.1\*** Todas las estructuras de estacionamiento cerradas deben estar ventiladas por un sistema mecánico capaz de proporcionar un mínimo de 300 L/min por m<sup>2</sup> de área de piso (1 pie<sup>3</sup>/min por pie<sup>2</sup> de área de piso) durante las horas de operación normal.

**6.3.2** No se debe requerir un sistema de ventilación mecánica en una estructura de estacionamiento abierta.

**6.3.3** Los sistemas de ventilación mecánica deben instalarse de acuerdo con NFPA 90A. Los conductos se construirán con material no combustible.

### Incendios.

**6.4.1** Los sistemas de rociadores automáticos deben cumplir con NFPA 13.

**6.4.2** Los sistemas de rociadores automáticos deben instalarse en partes de estructuras de estacionamiento cerradas, cuyos techos estén a menos de 600 mm (24 pulgadas) sobre el nivel del suelo, independientemente del tipo de construcción, y en estructuras de estacionamiento cerradas de Tipo III o Tipo IV, construcción de más de 15 m (50 pies) de altura.

**6.4.3** Los sistemas de rociadores automáticos deben instalarse en estructuras de estacionamiento cerradas ubicadas a nivel o sobre el nivel del suelo, o dentro o inmediatamente debajo de un edificio utilizado para otra ocupación.

**6.4.4** No se deben requerir sistemas de rociadores automáticos en estructuras de estacionamiento abiertas.

**6.4.5 Mantenimiento.** Los sistemas de rociadores contra incendios deben inspeccionarse, probarse y mantenerse periódicamente de acuerdo con NFPA 25.

### 6.5 Tomas de agua.

**6.5.1** Las estructuras de estacionamiento que excedan una altura de 15 m (50 pies) o que tengan niveles de estacionamiento por debajo del nivel del suelo deben contar con un sistema de tubería vertical Clase I de acuerdo con NFPA 14.

**6.5.2** Los sistemas de tubería vertical Clase I del tipo seco manual deben permitirse en estructuras de estacionamiento abiertas.

**6.5.3 Mantenimiento.** Los sistemas de tuberías verticales deben inspeccionarse, probarse y mantenerse periódicamente de acuerdo con NFPA 25.

### 6.6 Sistemas de Detección, Alarma y Comunicaciones.

**6.6.1** Donde se proporcionen, los sistemas de detección y alarma deberán cumplir con NFPA 72.

**6.6.2** Se debe instalar un sistema de detección y alarma automática aprobado y supervisado en estructuras de estacionamiento cerradas que tengan un sistema de ventilación mecánica, ubicadas a nivel o sobre el nivel del suelo, o dentro o inmediatamente debajo de un edificio utilizado para otra ocupación.

**N 6.6.2.1** Cuando las estructuras de estacionamiento cerradas tengan un sistema de rociadores automáticos aprobado instalado de acuerdo con NFPA 13, 6.6.2 no se debe aplicar.

**6.6.3** No se requerirán sistemas de alarma contra incendios en estacionamientos abiertos estructuras.

**6.6.4 Mantenimiento.** Los sistemas de alarma contra incendios deben inspeccionarse, probarse y mantenerse periódicamente de acuerdo con NFPA 72.

## Capítulo 7 Protección especial contra riesgos

### 7.1 Almacenamiento Uso, Manejo y Despacho de Combustibles y Lubricantes cantes.

**7.1.1** El almacenamiento, uso, manejo y despacho de líquidos inflamables o combustibles deben cumplir con NFPA 30 y NFPA 30A.

**7.1.2** El almacenamiento, uso, manejo y despacho de gas licuado de petróleo debe cumplir con NFPA 58.

**7.1.3** El almacenamiento, uso, manejo y despacho de combustibles de gas natural deben cumplir con NFPA 52.

**N 7.1.4** El almacenamiento, uso, manejo y dispensación de combustibles de hidrógeno deben cumplir con NFPA 2.

**N 7.1.5** La instalación de equipos de carga de vehículos eléctricos deberá cumplir con NFPA 70. **6.4 Sistemas de rociadores contra**

### N 7.2 Vehículos de conducción automática. (Reservado)

## Capítulo 8 Limpieza

**8.1 Equipo.** Se mantendrán los equipos y dispositivos de seguridad y se eliminarán de la estructura las acumulaciones peligrosas de material combustible.

**8.2 Pasillos.** Se debe mantener un espacio despejado en los pasillos para permitir el fácil acceso y el uso del equipo de combate.

**8.3 Taquillas.** Cuando se proporcionen casilleros para la ropa de los empleados, estos deberán ser de metal.

### 8.4 Recipientes para Desechos.

**8.4.1** Se deben proporcionar receptáculos de metal aprobados con tapas de cierre automático para el almacenamiento o eliminación de desechos o paños empapados de aceite.

**8.4.2** Los contenedores que tengan una capacidad superior a 208 L (55 gal) utilizados para basura combustible deberán ser de construcción metálica y deberán estar cubiertos.

**8.5 Pisos.** Los pisos deben mantenerse limpios y libres de aceite y grasa.

## Capítulo 9 Estructuras especiales

**9.1 Generalidades.** Los requisitos del Capítulo 9 modifican los requisitos de los Capítulos 1 a 8.

## ANEXO 06: Velocidad del flujo dentro del ducto.

49.14

2019 ASHRAE Handbook—HVAC Applications (SI)

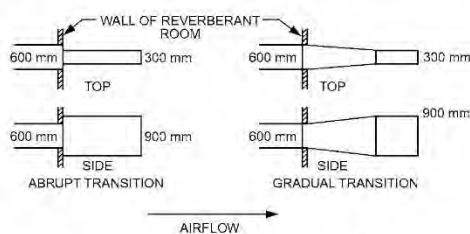
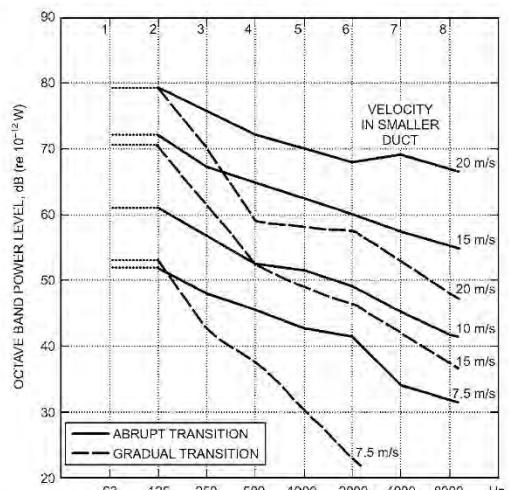
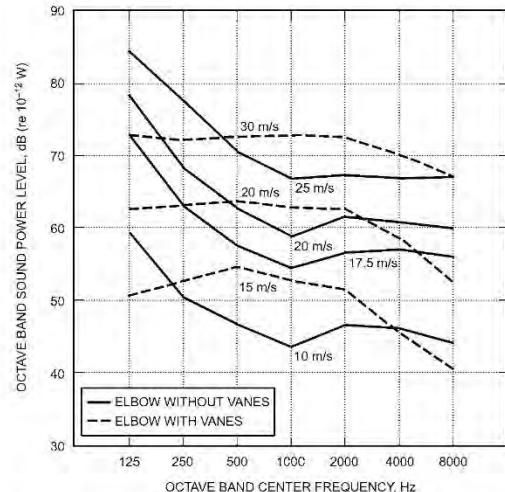


Fig. 11 Velocity-Generated Sound of Duct Transitions



Note: Comparison of octave band sound power levels produced by airflow through 200 x 200 mm rectangular elbow with and without 7 circular arc turning vanes.

Fig. 12 Velocity-Generated Sound of Elbows

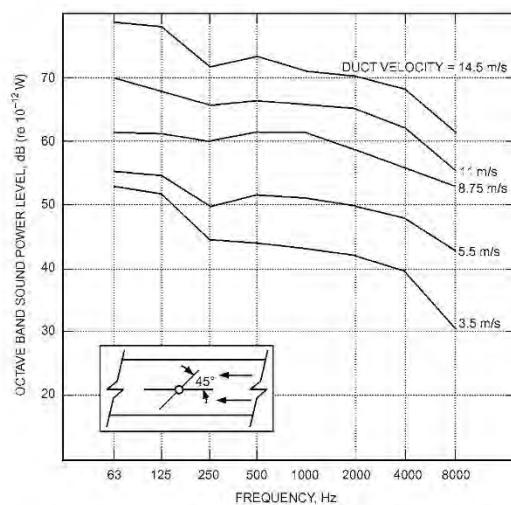


Fig. 13 Velocity-Generated Sound of 600 by 600 mm Volume Damper  
(Ingard et al. 1968)

Table 8 Maximum Recommended Duct Airflow Velocities to Achieve Specified Acoustic Design Criteria

| Main Duct Location                 | Design RC(N) | Maximum Airflow Velocity, m/s |               |
|------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------|
|                                    |              | Rectangular Duct              | Circular Duct |
| In shaft or above drywall ceiling  | 45           | 17.8                          | 25.4          |
|                                    | 35           | 12.7                          | 17.8          |
|                                    | 25           | 8.6                           | 12.7          |
| Above suspended acoustic ceiling   | 45           | 12.7                          | 22.9          |
|                                    | 35           | 8.9                           | 15.2          |
|                                    | 25           | 6.1                           | 10.2          |
| Duct located within occupied space | 45           | 10.2                          | 19.8          |
|                                    | 35           | 7.4                           | 13.2          |
|                                    | 25           | 4.8                           | 8.6           |

Notes:

1. Branch ducts should have airflow velocities of about 80% of values listed.
2. Velocities in final runouts to outlets should be 50% of values or less.
3. Elbows and other fittings can increase airflow noise substantially, depending on type. Thus, duct airflow velocities should be reduced accordingly.

Proper air balancing of a fan/duct system directly affects aerodynamically generated sound even in a correctly designed and installed duct system. Primary volume dampers in the longest duct from a fan should always be nearly wide open. If the primary damper in the longest duct run is more than 20% closed, the duct system has not been properly air balanced, and the fan may operate at a higher speed than required for the duct system. The result is an increase in air velocities and turbulence throughout the entire duct system, with excessive aerodynamic sound generated at all duct elements.

**Room Air Devices (Grilles, Registers, Diffusers).** Manufacturers' test data should be obtained in accordance with ASHRAE Standard 70 for room air devices such as grilles, registers, diffusers, air-handling light fixtures, and air-handling suspension bars. Devices should be selected to meet the noise criterion required or specified for the room. However, the manufacturer's sound power rating

ANEXO 07: Tabla para hallar la perdida de carga en ductos de aire.

21.8

2009 ASHRAE Handbook—Fundamentals

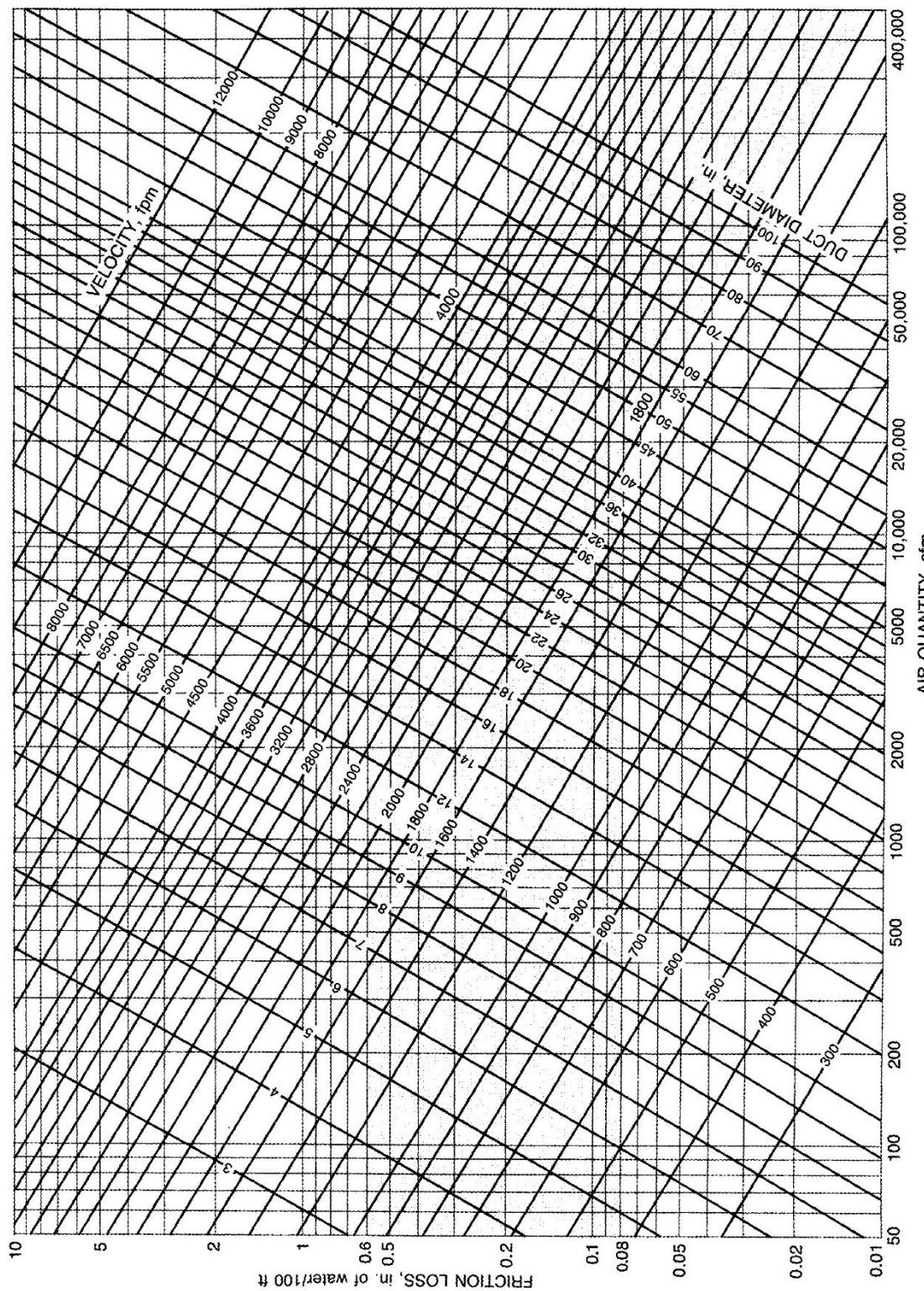


Fig. 9 Friction Chart for Round Duct ( $\rho = 0.075 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$  and  $c = 0.0003 \text{ ft}$ )

## ANEXO 08: Tabla para dimensionar los ductos.

## 21.10

## 2009 ASHRAE Handbook—Fundamentals

**Table 2 Equivalent Rectangular Duct Dimensions**

| Circular<br>Duct<br>Diameter,<br>in.                    | Length of One Side of Rectangular Duct <i>a</i> , in. |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
|   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 24  | 26  | 28  | 30  | 32 | 34 | 36 |
| Length Adjacent Side of Rectangular Duct <i>b</i> , in. |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 5   | 5   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 5.5   | 6   | 5  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 6   | 8   | 6  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 6.5   | 9   | 7  | 6  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 7   | 11  | 8  | 7  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 7.5   | 13  | 10 | 8  | 7  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 8   | 15  | 11 | 9  | 8  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 8.5   | 17  | 13 | 10 | 9  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 9   | 20  | 15 | 12 | 10 | 8  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 9.5   | 22  | 17 | 13 | 11 | 9  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 10  | 25  | 19 | 15 | 12 | 10 | 9  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 10.5  | 29  | 21 | 16 | 14 | 12 | 10 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 11  | 32  | 23 | 18 | 15 | 13 | 11 | 10  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 11.5  | 26  | 20 | 17 | 14 | 12 | 11 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 12  | 29  | 22 | 18 | 15 | 13 | 12 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 12.5  | 32  | 24 | 20 | 17 | 15 | 13 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 13  | 35  | 27 | 22 | 18 | 16 | 14 | 12  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 13.5  | 38  | 29 | 24 | 20 | 17 | 15 | 13  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 14  | 32  | 26 | 22 | 19 | 17 | 14 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 14.5  | 35  | 28 | 24 | 20 | 18 | 15 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 15  | 38  | 30 | 25 | 22 | 19 | 16 | 14  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 16  | 45  | 36 | 30 | 25 | 22 | 18 | 15  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 17  |   | 41 | 34 | 29 | 25 | 20 | 17  | 16  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 18  |   | 47 | 39 | 33 | 29 | 23 | 19  | 17  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 19  |   | 54 | 44 | 38 | 33 | 26 | 22  | 19  | 18  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 20  |   |    | 50 | 43 | 37 | 29 | 24  | 21  | 19  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 21  |   |    | 57 | 48 | 41 | 33 | 27  | 23  | 20  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 22  |   |    | 64 | 54 | 46 | 36 | 30  | 26  | 23  | 20  |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 23  |   |    |    | 60 | 51 | 40 | 33  | 28  | 25  | 22  |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 24  |   |    |    | 66 | 57 | 44 | 36  | 31  | 27  | 24  | 22  |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 25  |   |    |    |    | 63 | 49 | 40  | 34  | 29  | 26  | 24  |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
| 26  |   |    |    |    |    | 69 | 54  | 44  | 37  | 32  | 28  | 26  | 24  |     |     |     |     |    |    |    |
| 27  |   |    |    |    |    | 76 | 59  | 48  | 40  | 35  | 31  | 28  | 25  |     |     |     |     |    |    |    |
| 28  |   |    |    |    |    | 64 | 52  | 43  | 38  | 33  | 30  | 27  | 26  |     |     |     |     |    |    |    |
| 29  |   |    |    |    |    | 70 | 56  | 47  | 41  | 36  | 32  | 29  | 27  |     |     |     |     |    |    |    |
| 30  |   |    |    |    |    |    | 76  | 61  | 51  | 44  | 39  | 35  | 31  | 29  | 28  |     |     |    |    |    |
| 31  |   |    |    |    |    |    | 82  | 66  | 55  | 47  | 41  | 37  | 34  | 31  | 29  |     |     |    |    |    |
| 32  |   |    |    |    |    |    | 89  | 71  | 59  | 51  | 44  | 40  | 36  | 33  | 31  |     |     |    |    |    |
| 33  |   |    |    |    |    |    | 96  | 76  | 64  | 54  | 48  | 42  | 38  | 35  | 33  | 30  |     |    |    |    |
| 34  |   |    |    |    |    |    | 82  | 68  | 58  | 51  | 45  | 41  | 37  | 35  | 32  |     |     |    |    |    |
| 35  |   |    |    |    |    |    | 88  | 73  | 62  | 54  | 48  | 44  | 40  | 37  | 34  | 32  |     |    |    |    |
| 36  |   |    |    |    |    |    | 95  | 78  | 67  | 58  | 51  | 46  | 42  | 39  | 36  | 34  |     |    |    |    |
| 37  |   |    |    |    |    |    | 101 | 83  | 71  | 62  | 55  | 49  | 45  | 41  | 38  | 36  | 34  |    |    |    |
| 38  |   |    |    |    |    |    | 108 | 89  | 76  | 66  | 58  | 52  | 47  | 44  | 40  | 38  | 36  |    |    |    |
| 39  |   |    |    |    |    |    |     | 95  | 80  | 70  | 62  | 55  | 50  | 46  | 43  | 40  | 37  | 36 |    |    |
| 40  |   |    |    |    |    |    |     | 101 | 85  | 74  | 65  | 58  | 53  | 49  | 45  | 42  | 39  | 37 |    |    |
| 41  |   |    |    |    |    |    |     | 107 | 91  | 78  | 69  | 62  | 56  | 51  | 47  | 44  | 41  | 39 |    |    |
| 42  |   |    |    |    |    |    |     |     | 114 | 96  | 83  | 73  | 65  | 59  | 54  | 50  | 46  | 44 | 41 |    |
| 43  |   |    |    |    |    |    |     |     | 120 | 102 | 88  | 77  | 69  | 62  | 57  | 53  | 49  | 46 | 43 |    |
| 44  |   |    |    |    |    |    |     |     |     | 107 | 93  | 81  | 73  | 66  | 60  | 55  | 51  | 48 | 45 |    |
| 45  |   |    |    |    |    |    |     |     |     | 113 | 98  | 86  | 76  | 69  | 63  | 58  | 54  | 50 | 47 |    |
| 46  |   |    |    |    |    |    |     |     |     | 120 | 103 | 90  | 80  | 72  | 66  | 61  | 56  | 53 | 49 |    |
| 47  |   |    |    |    |    |    |     |     |     | 126 | 108 | 95  | 84  | 76  | 69  | 64  | 59  | 55 | 52 |    |
| 48  |   |    |    |    |    |    |     |     |     | 133 | 114 | 100 | 89  | 80  | 73  | 67  | 62  | 58 | 54 |    |
| 49  |   |    |    |    |    |    |     |     |     | 140 | 120 | 105 | 93  | 84  | 76  | 70  | 65  | 60 | 56 |    |
| 50  |   |    |    |    |    |    |     |     |     | 147 | 126 | 110 | 98  | 88  | 80  | 73  | 68  | 63 | 59 |    |
| 51  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     | 132 | 115 | 102 | 92  | 83  | 76  | 71  | 66 | 61 |    |
| 52  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     | 139 | 121 | 107 | 96  | 87  | 80  | 74  | 69 | 64 |    |
| 53  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     | 145 | 127 | 112 | 100 | 91  | 83  | 77  | 71 | 67 |    |
| 54  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     | 152 | 133 | 117 | 105 | 95  | 87  | 80  | 74 | 70 |    |
| 55  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 139 | 123 | 110 | 99  | 91  | 84  | 78 | 72 |    |
| 56  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 145 | 128 | 114 | 104 | 95  | 87  | 81 | 75 |    |
| 57  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 151 | 134 | 119 | 108 | 98  | 91  | 84 | 78 |    |
| 58  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 158 | 139 | 124 | 112 | 102 | 94  | 87 | 81 |    |
| 59  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 165 | 145 | 130 | 117 | 107 | 98  | 91 | 85 |    |
| 60  |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 172 | 151 | 135 | 122 | 111 | 102 | 94 | 88 |    |

## ANEXO 09: Norma UNE- 100166.

UNE 100166:2019

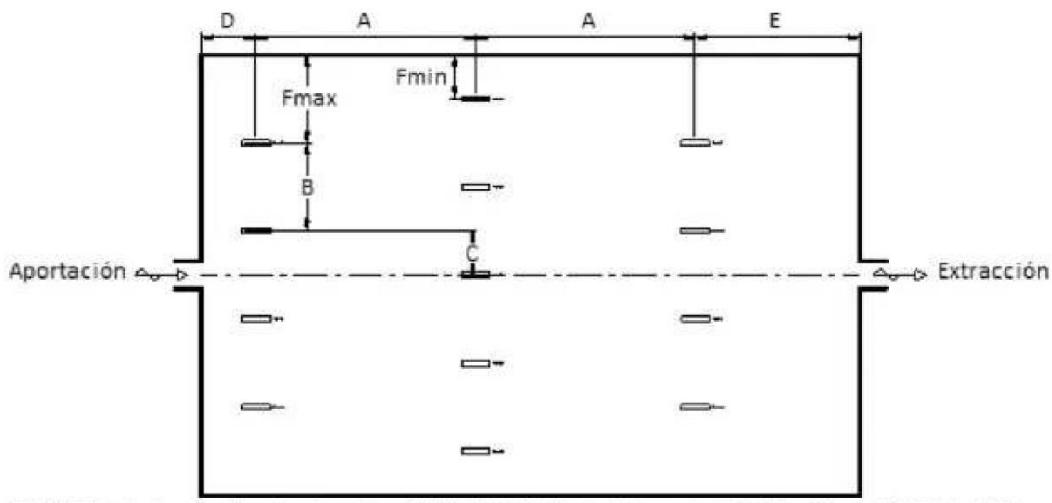
- 22 -

El tipo y capacidad del ventilador de impulso determina la distancia en sentido longitudinal y transversal máxima y mínima que se debe mantener entre los equipos.

Se recomienda posicionar los ventiladores de impulso en las vías de circulación de vehículos de forma que la dirección del flujo coincida con la dirección de la vía de circulación en sentido longitudinal a fin de minimizar el riesgo de obstrucción del flujo de aire por vehículos aparcados cercanos a la salida del ventilador.

En caso de que la ubicación de las plazas de aparcamiento implique que la descarga de aire se realice contra los vehículos se recomienda la utilización de ventiladores axiales minimizando así la pérdida de eficacia del sistema.

En la figura 10 se definen las dimensiones para el posicionamiento de los ventiladores de impulso



## Leyenda

- A Distancia en sentido longitudinal entre columnas de ventiladores de impulso
- B Distancia en sentido transversal entre ventiladores de impulso en una misma columna
- C Distancia en sentido transversal entre ventiladores de impulso ubicados en columnas consecutivas
- D Distancia en sentido longitudinal entre los ventiladores de impulso y las aberturas de extracción
- E Distancia en sentido transversal entre los ventiladores de impulso y las paredes longitudinales del aparcamiento o columnas

**Figura 10 – Dimensiones para el posicionamiento de los ventiladores de impulso**

Los ventiladores de impulso deben posicionarse con las distancias máximas y mínimas en función de sus características según se indica en las tablas 6 y 7. Los ventiladores de impulso ubicados en columnas consecutivas pueden disponerse alineados o a tresbolillo.

**Tabla 6 – Distancias máximas y mínimas de los ventiladores de impulso axiales**

|               |      | Empuje (N) | 23 | 40 | 62 |
|---------------|------|------------|----|----|----|
| Distancia (m) | Máx. | 26         | 32 | 42 |    |
|               | Mín. | 13         | 16 | 21 |    |
| A             | Máx. | 10         | 12 | 16 |    |
| C             | Máx. | 4          | 6  | 8  |    |
| D             | Máx. | 7          | 7  | 7  |    |
|               | Mín. | 2          | 2  | 2  |    |
| E             | Máx. | 28         | 33 | 43 |    |
|               | Mín. | 14         | 17 | 21 |    |
| F             | Máx. | 8          | 8  | 8  |    |
|               | Mín. | 2          | 2  | 2  |    |

NOTA Se considera una tolerancia del +/- 10% en los valores de Empuje (N) de los ventiladores de impulso axiales.

En caso de disponer de ventiladores con empujes intermedios se podría establecer una relación de proporcionalidad siempre y cuando se justifique debidamente.

**Tabla 7 – Distancias máximas y mínimas de los ventiladores de impulso centrífugos**

|               |      | Empuje (N) | 50 | 75 | 100 |
|---------------|------|------------|----|----|-----|
| Distancia (m) | Máx. | 45         | 50 | 55 |     |
|               | Mín. | 2          | 25 | 27 |     |
| A             | Máx. | 16         | 18 | 20 |     |
| C             | Máx. | 8          | 9  | 10 |     |
| D             | Máx. | 7          | 7  | 7  |     |
|               | Mín. | 1          | 1  | 1  |     |
| E             | Máx. | 50         | 55 | 60 |     |
|               | Mín. | 25         | 27 | 30 |     |
| F             | Máx. | 8          | 9  | 10 |     |
|               | Mín. | 2          | 2  | 2  |     |

NOTA Se considera una tolerancia del +/- 10% en los valores de Empuje (N) de los ventiladores de impulso centrífugos.

En caso de disponer de ventiladores con empujes intermedios se podría establecer una relación de proporcionalidad siempre y cuando se justifique debidamente.

**ANEXO 10: Ficha técnica de las rejillas del sistema de inyección.**



**Ficha General de Producto**

## BCH

### Rejillas y Registros Inyección



Las rejillas tipo aleta de doble flexión para inyección modelo BCH son una excelente opción para uso en muros y aplicaciones que requieran una eficiente inyección de aire y flexibilidad en el arreglo del patrón de flujo ya que sus dos planos de aletas permiten que la difusión del aire se ajuste hacia la izquierda o la derecha y hacia arriba o hacia abajo para una máxima versatilidad. La combinación en el arreglo de las dos camas de aletas, ya sea, horizontales al frente y verticales en la parte posterior (BCHH) o verticales al frente y horizontales detrás (BCHV) ayuda a mantener una capacidad de área efectiva que minimiza la velocidad de salida y reduce la caída de presión para garantizar un funcionamiento silencioso. Las rejillas BCH están fabricadas en aluminio extruido con aletas ajustables de manera individual y separación de  $\frac{3}{4}$ " entre sí. Los tamaños de cuello disponibles son desde 4"x4" hasta 48"x48" en incrementos de 2". Su acabado es en pintura electrostática en colores de línea: blanco, blanco tablaroca o negro mate. Los colores especiales están también disponibles. Como accesorios opcionales, se puede solicitar el Control de Volumen Cuadrado (CVC) y el Marco de Montaje (MCE).

#### Características:

- Rejilla de doble flexión para inyección
- Aletas ajustables con separación a  $\frac{3}{4}$ "
- Arreglo horizontal al frente (BCHH) o
- Arreglo vertical al frente (BCHV)

#### Dimensiones:

- Cuellos desde 4"x4" hasta 48"x48" en incrementos de 2"

#### Materiales y Acabados:

- Fabricada en aluminio extruido
- Colores de línea: blanco, blanco tablaroca o negro mate
- Colores especiales disponibles

#### Versatilidad:

- Edificios públicos
- Iglesias y Escuelas
- Hospitales y Clínicas
- Deportes bajo techo
- Residencias
- Áreas industriales
- Oficinas
- Restaurantes y Cafeterías
- Hoteles

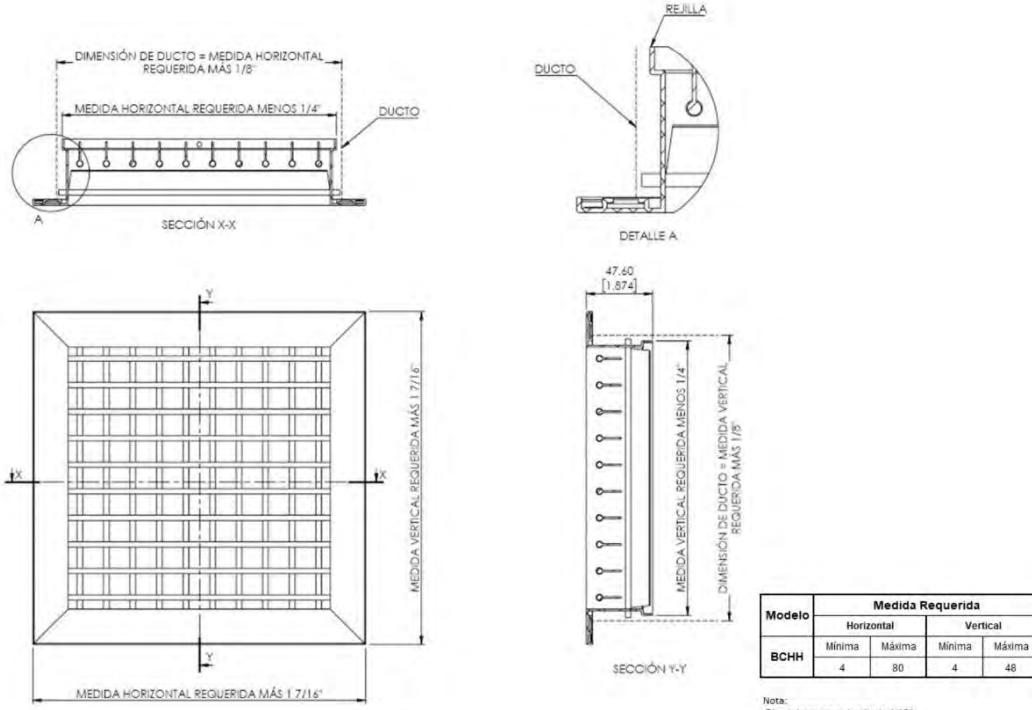


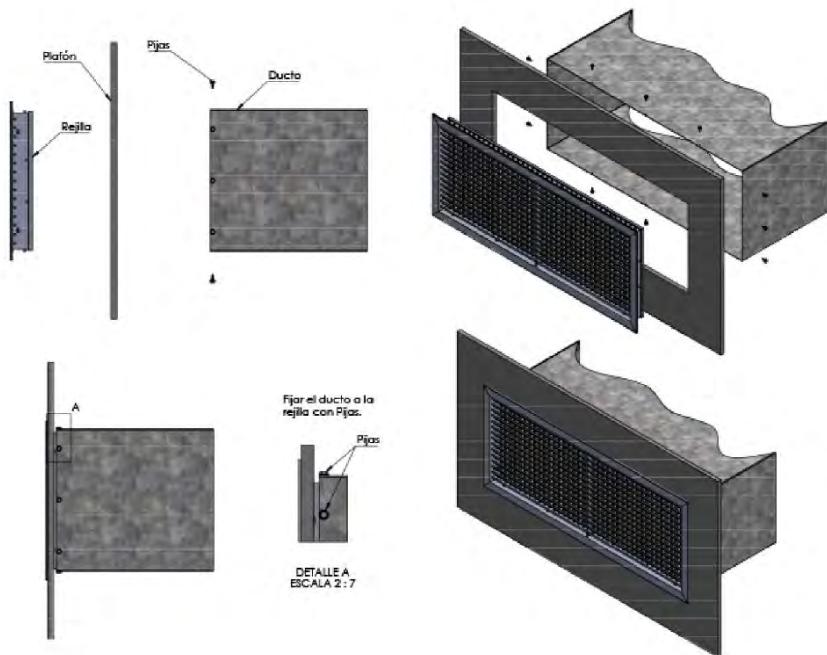
[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)

Ninguna parte de este documento podrá ser reproducida o retransmitida de cualquier forma, siendo estas: electrónicas o mecanografiadas; incluyendo fotocopiado, grabado y/o cualquier sistema de alojamiento de información sin previo permiso de INNES AIRE S.A. DE C.V.



## Ficha General de Producto



**Diagrama de Instalación:**

[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)

Ninguna parte de este documento podrá ser reproducida o retransmitida de cualquier forma, siendo estas: electrónicas o mecanografiadas; incluyendo fotocopiado, grabado y/o cualquier sistema de alojamiento de información sin previo permiso de INNES AIRE S.A. DE C.V.



## Ficha General de Producto

### Especificación Sugerida:

Las rejillas tipo aleta de doble deflexión para inyección modelo BCH serán de la marca Innes. Las rejillas BCH tendrán dos diseños, siendo el primero el de aletas horizontales al frente y aletas verticales en la parte posterior modelo BCHH. El segundo diseño tendrá aletas verticales al frente y aletas horizontales en la parte posterior modelo BCHV. Ambos estarán disponibles con cuellos desde 4"x4" hasta 48"x48" en incrementos de 2" y la separación de sus aletas será de  $\frac{3}{4}$ ". Las rejillas BCH estarán construidas en aluminio extruido con acabados en pintura electrostática en colores de línea: blanco, blanco tablaroca o negro mate. Colores especiales estarán también disponibles. Como accesorios opcionales estarán el Control de Volumen Cuadrado (CVC) y el Marco de Montaje (MCE).

| » <b>Modelo</b>         | » <b>Aletas frontales</b>        | » <b>Dimensiones</b>                    | » <b>Tipo LT</b>   | » <b>Adaptador a Redondo ADR</b>                                   | » <b>Accesorio Marco (opcional)</b>         | » <b>Barrenos</b>       | » <b>Acabado</b>  |
|-------------------------|----------------------------------|---|--|--|---|-------------------------|---|
| Perforado<br><b>BCH</b> | H: Horizontales<br>V: Verticales | Ver tabla en<br>plano de<br>dimensiones | N: Montaje en<br>muro ó plafón<br>corrido<br>S: Montaje en<br>plafón reticular | •NO<br>•04<br>•06<br>•08<br>•10<br>•12<br>•14<br>•16<br>•18<br>•20 | M: MCI<br>EA: MCE Aluminio<br>EF: MCE Acero | •NO<br>•SI<br>•Especial | B: Blanco<br>T: Blanco<br>tablaroca<br>N: Negro<br>A: Color<br>aluminio<br>L: Lavado<br>E: Color especial<br>S: Sin acabado |

[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)

Ninguna parte de este documento podrá ser reproducida o retransmitida de cualquier forma, siendo estas: electrónicas o mecanografiadas; incluyendo fotocopiado, grabado y/o cualquier sistema de alojamiento de información sin previo permiso de INNES AIRE S.A. DE C.V.

INNES AIRE  
AV. DIV. DEL NORTE 76  
COL. AMPLIACION MEMETLA  
CUAJIMALPA CIUDAD DE MEXICO 05330  
MEXICO  
+52 55 5093 2150



Presupuesto en: DOLAR AMERI

Nro. de cotización: 141368

|   |                |               |  |
|---|----------------|---------------|--|
| <b>Cotizacion para:</b>   | <b>PASC001</b> | <b>Fecha:</b> | 30/10/2025   |
| CLIENTE EXPORTACION ASC<br>COL MEMETLA NO 76<br>DIVISION DEL NORTE<br>CUAJIMALPA CIUDAD DE MEXICO<br>COSTA RICA |                | <b>Vence:</b> | 29/11/2025   |
| <b>Referencia:</b>  |                |               | ANTICIPO Y SALDO CONTRA ENTREGA<br>EXPO IN E-MARITIMO-TERR |
| <b>Vendedor:</b>  |                |               | AARON SANTOS CUECUECHA<br>aaron.santos@innes.com.mx        |
| Tel.: Fax:  |                |               |  |

*Condiciones de Venta:*

- Cotización EXW
- Precios en dólares USD
- Tiempo de entrega: 2 a 3 Semanas, a partir de confirmar pedido por escrito y anticipo.
- Condiciones de pago: 50% anticipo, 50% saldo contra aviso de embarque.
- Estos precios no incluyen IVA ni otra clase de impuesto.
- Vigencia de la cotización: 30 días.

| Línea | Parte  | Descripción  | Subtotal Línea |
|-------|--|--|----------------|
| 1     | GH45 48 X 24 LT=NO ADR=NO MCO=NO --- BAR=S B | REJILLA DE RETORNO CUADRICA 1/2" X 1/2" X 1/2" 45° ALUMINIO GH45, LARGO: 48", ALTO: 24", MONTAJE EN MURO O PLAFON CORRIDO, SIN ADAPTADOR A REDONDO, SIN ACCESORIO MARCO, SIN CONTROL DE VOLUMEN, CON BARRENOS, ACABADO: BLANCO |                |

| Cantidad   | Precio unitario | % descuento | USD | 123.59 |
|------------|-----------------|-------------|-----|--------|
| 1.00 PIEZA | 123.59          |             |     |        |

| Línea | Parte   | Descripción   | Subtotal Línea |
|-------|---|---|----------------|
| 2     | BCH H 48 X 24 LT=NO ADR=NO MCO=NO --- BAR=S B | REJILLA DE INYECCION DOBLE DEFLEXION ALUMINIO BCH, ALETAS FRONTALES: HORIZONTALES, LARGO: 48", ALTO: 24", MONTAJE EN MURO O PLAFON CORRIDO, SIN ADAPTADOR A REDONDO, SIN ACCESORIO MARCO, SIN CONTROL DE VOLUMEN, CON BARRENOS, ACABADO: BLANCO |                |

| Cantidad   | Precio unitario | % descuento | USD | 137.79 |
|------------|-----------------|-------------|-----|--------|
| 1.00 PIEZA | 137.79          |             |     |        |

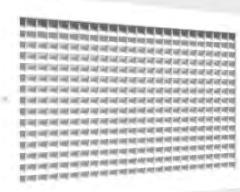
ANEXO 11: Ficha técnica de las rejillas del sistema de extracción.



**Ficha General de Producto**

## GH45 GQ45

### Rejillas y Registros Retorno



Las rejillas tipo cuadrícula para extracción o retorno modelos GQ45 y GH45, son una excelente opción para aplicaciones que requieran retornar o transferir altos volúmenes de aire con mínimos requisitos de presión. Su diseño de cuadrícula de  $1/2'' \times 1/2'' \times 1/2''$  e inclinación a  $45^\circ$  la convierte en una excelente opción para espacios donde se pretenda evitar la vista al interior del ducto o pleno a través de la rejilla. Los tamaños de construcción disponibles son desde  $6'' \times 6''$  hasta  $48'' \times 24''$  en incrementos de  $1''$ . Para montaje en plafón reticular las medidas disponibles son  $24'' \times 24''$  y  $48'' \times 24''$  (GH45LT). Las rejillas GH45 y GQ45 están construidas en aluminio con acabado en pintura electrostática en colores de línea: blanco, blanco tablaroca o negro mate. El modelo GH45 cuenta con marco extruido y el modelo GQ45 tiene un contramarco de  $\frac{1}{2}''$ . Como accesorios opcionales están disponibles el Control de Volumen Cuadrado (CVC) para el modelo GH45 y Marco de Montaje MCE. Puede fabricarse con marco abatible y porta filtro (modelo GM45B).

#### Características:

- Rejilla para extracción o retorno
- Núcleo tipo cuadrícula de  $1/2'' \times 1/2'' \times 1/2''$
- Cuadrícula con deflexión a  $45^\circ$
- Marco extruido (modelo GH45)
- Contramarco doblado de  $1/2''$  (modelo GQ45)

#### Dimensiones:

- Desde  $6'' \times 6''$  hasta  $48'' \times 24''$  en incrementos de  $1''$

#### Materiales y Acabados:

- Fabricada en aluminio
- Colores de línea: blanco, blanco tablaroca o negro mate
- Colores especiales disponibles

#### Versatilidad:

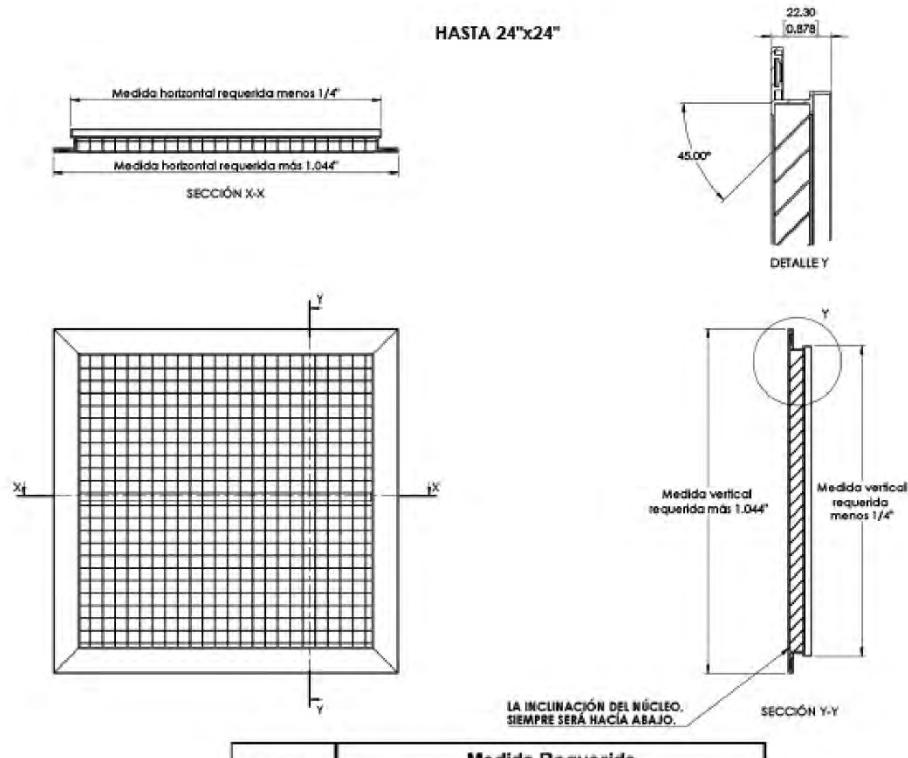
- Edificios públicos
- Iglesias y Escuelas
- Hospitales y Clínicas
- Deportes bajo techo
- Residencias
- Áreas industriales
- Oficinas
- Restaurantes y Cafeterías
- Hoteles



[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)



## Ficha General de Producto



| Modelo | Medida Requerida |        |          |        |
|--------|------------------|--------|----------|--------|
|        | Horizontal       |        | Vertical |        |
| GH45   | Mínima           | Máxima | Mínima   | Máxima |
|        | 6                | 24     | 6        | 24     |

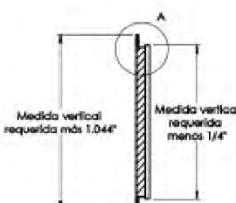
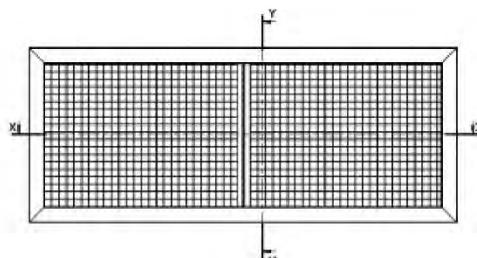
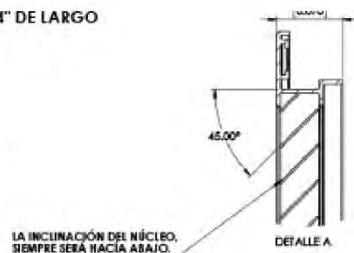
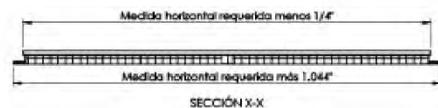
[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)

Ninguna parte de este documento podrá ser reproducida o retransmitida de cualquier forma, siendo estas: electrónicas o mecanografiadas; incluyendo fotocopiado, grabado y/o cualquier sistema de alojamiento de información sin previo permiso de INNES AIRE S.A. DE C.V.



## Ficha General de Producto

### MAYORES A 24" DE LARGO

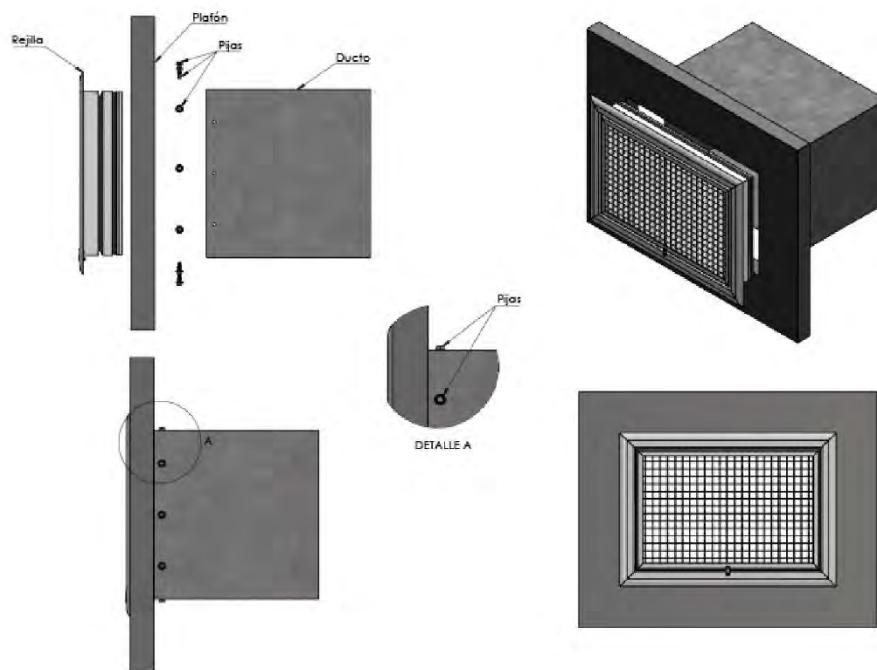


PARA DIMENSIONES MAYORES A 24"  
(MEDIDA HORIZONTAL) SE UTILIZARÁ  
NUCLEOS SECCIONADOS.

| Modelo | Medida Requerida |        |          |        |
|--------|------------------|--------|----------|--------|
|        | Horizontal       |        | Vertical |        |
|        | Mínima           | Máxima | Mínima   | Máxima |
| GH45   | 25               | 48     | 6        | 24     |

[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)

Ninguna parte de este documento podrá ser reproducida o retransmitida de cualquier forma, siendo estas: electrónicas o mecanografiadas; incluyendo fotocopiado, grabado y/o cualquier sistema de alojamiento de información sin previo permiso de INNES AIRE S.A. DE C.V.

**Diagrama de Instalación:**

[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)

Ninguna parte de este documento podrá ser reproducida o retransmitida de cualquier forma, siendo estas: electrónicas o mecanografiadas; incluyendo fotocopiado, grabado y/o cualquier sistema de alojamiento de información sin previo permiso de INNES AIRE S.A. DE C.V.



## Ficha General de Producto

### Especificación Sugerida:

Las rejillas tipo cuadrícula para extracción o retorno modelos GQ45 y GH45 serán de la marca Innes. Su diseño será de cuadrícula de 1/2"x1/2"x1/2" e inclinación a 45° lo que evitará la vista al interior del ducto a través de la rejilla. Los tamaños de construcción estarán disponibles desde 6"x6" hasta 48"x24" en incrementos de 1". Para montaje en plafón reticular las medidas disponibles serán 24"x24" y 48"x24" (GH5LT). Las rejillas GH45 y GQ45 estarán construidas en aluminio con acabado en pintura electrostática en colores de línea: blanco, blanco tablaroca o negro mate. El modelo GH45 contará con marco extruido y el modelo GQ45 tendrá un contramarco de 1/2". Como accesorio opcional estará disponible el Control de Volumen Cuadrado (CVC) para el modelo GH45. Podrá fabricarse con marco abatible y porta filtro (modelo GM45B)

| » Modelo               | » Dimensiones                     | » Tipo LT   | » Adaptador a redondo ADR                                | » Accesorio marco (opcional)                 | » Control de volumen (opcional) | » Barrenos           | » Acabado   |
|------------------------|-----------------------------------|---|--|--|---------------------------------|----------------------|---|
| Retorno<br><b>GH45</b> | Ver tabla en plano de dimensiones | NO: Montaje en muro o plafón corrido<br>SI: Montaje en plafón reticular | No<br>04<br>06<br>08<br>10<br>12<br>14<br>16<br>18<br>20 | MI: MCI<br>EF: MCE Acero<br>EA: MCE Aluminio | CVC                             | SI<br>NO<br>Especial | B: Blanco<br>T: Blanco tablaroca<br>N: Negro<br>A: Color aluminio<br>L: Lavado<br>E: Especial<br>S: Sin acabado |
| Retorno<br><b>GQ45</b> | Ver tabla en plano de dimensiones | NO: Montaje en muro o plafón corrido<br>SI: Montaje en plafón reticular |  | MI: MCI<br>EF: MCE Acero<br>EA: MCE Aluminio |                                 |                      | B: Blanco<br>T: Blanco tablaroca<br>N: Negro<br>A: Color aluminio<br>L: Lavado<br>E: Especial<br>S: Sin acabado |

[www.innes.com.mx](http://www.innes.com.mx)

Ninguna parte de este documento podrá ser reproducida o retransmitida de cualquier forma, siendo estas: electrónicas o mecanografiadas; incluyendo fotocopiado, grabado y/o cualquier sistema de alojamiento de información sin previo permiso de INNES AIRE S.A. DE C.V.

## ANEXO 12: Grosor de chapa galvanizada.

TABLA 14. CONSTRUCCIÓN RECOMENDADA PARA CONDUCTOS DE CHAPA METÁLICA RECTANGULARES  
Sistemas de baja presión

| DIMENSIÓN<br>MAYOR DEL<br>CONDUCTO<br>(cm) | GRUESO DE LA CHAPA<br>(mm) |       |          |       | CONSTRUCCIÓN RECOMENDADA *   |  |
|--|----------------------------|-------|----------|-------|--|--|
|  | Acero                      |       | Aluminio |       |  |  |
|  | Conducto                   | Grapa | Conducto | Grapa |  |  |
| Hasta 60                                   | 0,5                        | 0,6   | 0,6      | 0,8   | Grapa deslizante o grapa en S, separado 2,5 m o menos.   |  |
| de 60 a 80                                 | 0,6                        | 0,6   | 0,6      | 0,8   | Grapa deslizante o grapa en S, separado 1,2 m o menos.   |  |
| de 80 a 150                                | 0,8                        | 0,8   | 0,8      | 1     | Grapa deslizante reforzada ** o grapa a escuadra reforzada **, separado 1,2 m o menos. Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40 × 40 × 4 mm *** o zuncho angular de las mismas dimensiones *** situada a mitad de distancia entre juntas.  |  |
| de 150 a 180                               | 1                          | 1     | 1        | 1,5   | Grapa deslizante reforzada ** o grapa a escuadra reforzada **, separado 1,2 m o menos. Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40 × 40 × 4 mm *** o zuncho angular de las mismas dimensiones *** situada a mitad de distancia entre juntas. Tirante de hierro de 30 × 3 mm para anchura de conducto de 180 a 225 cm.   |  |
| de 180 a 225                               | 1                          | 1     | 1        | 1,5   | Grapa deslizante reforzada ** o grapa a escuadra reforzada **, separado 1,2 m o menos. Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40 × 40 × 4 mm *** o zuncho angular de las mismas dimensiones *** situada a mitad de distancia entre juntas. Tirante de hierro de 30 × 3 mm para anchura de conducto de 180 a 225 cm.   |  |
| 225 y más                                  | 1,5                        | 1     | 1,5      | 1,5   | Grapa deslizante reforzada ** o grapa a escuadra reforzada **, separado 1,2 m o menos. Refuerzo de perfil angular en diagonal de 40 × 40 × 4 mm *** o zuncho angular de las mismas dimensiones *** situada a mitad de distancia entre juntas. Tirante de hierro de 30 × 3 mm para anchura de conducto de 225 a 300 cm. Tirante de hierro de 30 × 3 mm separado 120 cm para anchuras de conducto de 300 cm o más. |  |

ANEXO 13: Ficha técnica de los ventiladores para el sistema de inyección y extracción.



## CJTHT-125-4T/6-50-22º-F-300 60HZ



### Ventiladores helicoidales 400 ºC/2h y 300 ºC/2h. Con caja aislada acústicamente

Unidades de extracción con ventiladores helicoidales para trabajar inmersas en zonas de riesgo de incendios.

#### Ventilador:

- Ventilador con envoltorio tubular en chapa de acero.
- Estructura en chapa de acero galvanizado, con aislamiento térmico y acústico.
- Hélice de ángulo variable en fundición de aluminio.
- Homologación según norma EN 12101-3, con certificaciones nº: 0370-CPR-0312 (F400) y 0370-CPR-0974 (F300).

#### Motor:

- Motores clase H para uso continuo S1 y uso emergencia S2. Con rodamientos a bolas, protección IP55 y 1 o 2 velocidades según modelo.
- Motor multitanión, diseño especial válido para: 220/380 V 60 Hz, 254/440 V 60 Hz, 265/460 V 60 Hz, 277/480 V 60 Hz.
- Temperatura máxima del aire a transportar: Servicio S1 -25 ºC +40 ºC en continuo, apto también para climas cálidos con temperaturas hasta 50 ºC. Servicio S2 300 ºC/2h, 400 ºC/2h.

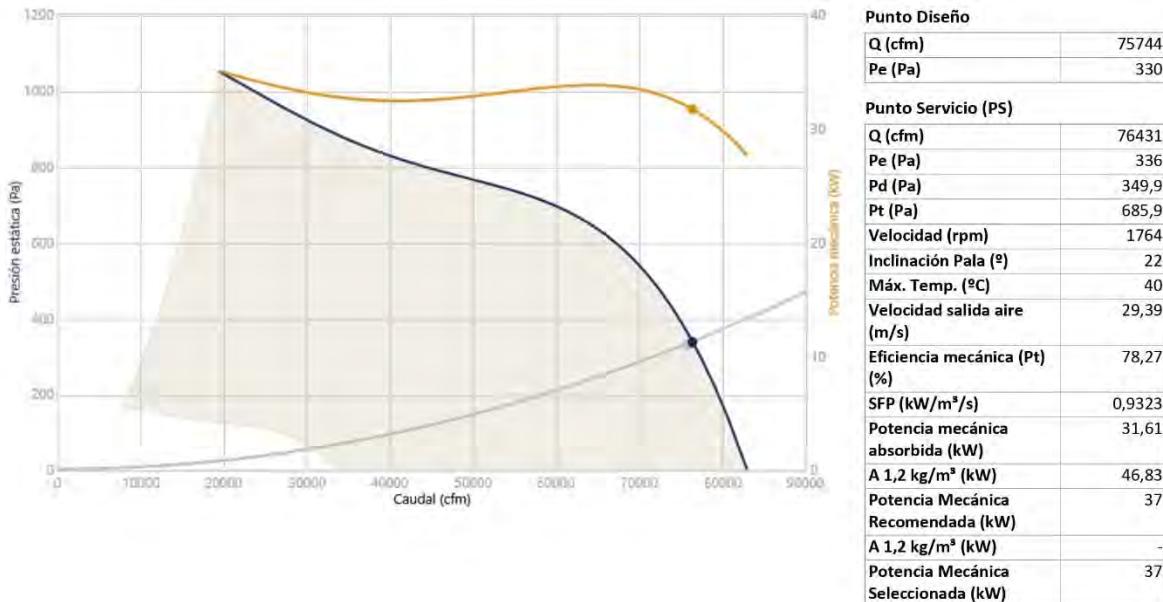
#### Acabado:

- Ventilador: Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190 ºC, previo desengrasado con tratamiento nanotecnológico libre de fosfatos.
- Caja: Chapa de acero galvanizado.

#### Bajo demanda:

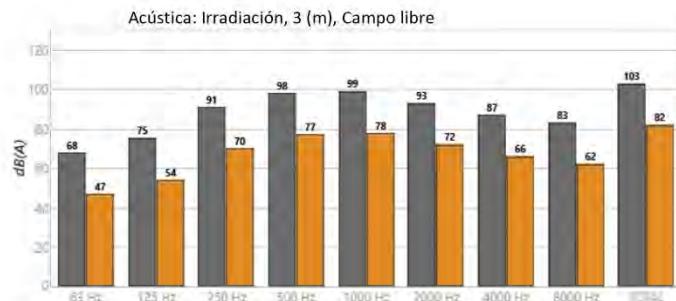
- Dirección aire hélice-motor.
- Hélices reversibles 100%.

### CURVA CARACTERÍSTICA Y ACÚSTICA PARA 15ºC 3400MSNM 0,81KG/M<sup>3</sup> / 1764 RPM (100% RPM NOMINAL Y 60HZ)





INFORME TÉCNICO DE DATOS  
29/10/2025



| Banda   | Lw dB(A) | Lp dB(A) |
|---------|----------|----------|
| 63 Hz   | 68       | 47       |
| 125 Hz  | 75       | 54       |
| 250 Hz  | 91       | 70       |
| 500 Hz  | 98       | 77       |
| 1000 Hz | 99       | 78       |
| 2000 Hz | 93       | 72       |
| 4000 Hz | 87       | 66       |
| 8000 Hz | 83       | 62       |
| TOTAL   | 103      | 82       |

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Caudal máximo (cfm)          | 82959 |
| Velocidad (rpm)              | 1764  |
| Presión estática máxima (Pa) | 1050  |
| Presión total máxima (Pa)    | 1073  |

## DATOS DEL MOTOR

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Potencia Mecánica Nominal (kW) | 37   |
| Hz/fases                       | 60/3 |
| Motor VSD Máx. (rpm)           | 1764 |
| Motor VSD Mín. (rpm)           | 705  |
| Polos                          | 4P   |
| Corriente máx. (A) 380-480 V D | 70,6 |
| Protección del motor           | IP55 |
| Clase motor                    | F300 |
| Tamaño del bastidor del motor  | 200  |

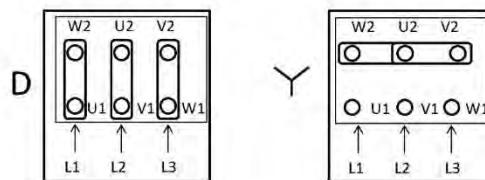
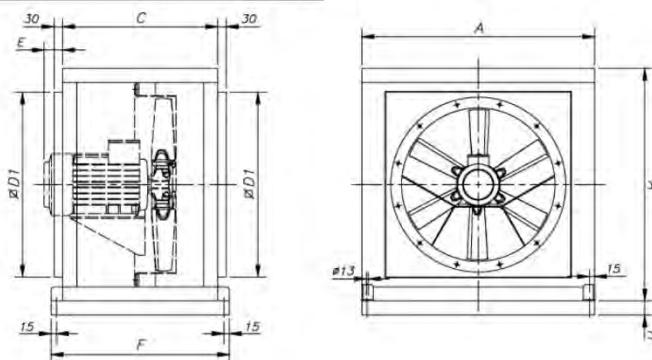
Los datos pueden cambiar, por favor consulte la placa del motor

## DIMENSIONES

| A    | C    | D1   | E   | F    | H   |
|------|------|------|-----|------|-----|
| 1600 | 1200 | 1400 | 123 | 1280 | 100 |

Las dimensiones sin unidades definidas explícitamente se muestran en milímetros (mm). Dimensiones dependientes del motor son aproximadas

|                  |     |
|------------------|-----|
| Peso aprox. (kg) | 539 |
|------------------|-----|



## EXT. EVACUACIÓN HUMOS INMERSOS



| COD     | MOD                       | PVP €    | COD     | MOD                         | PVP €    | COD     | MOD                           | PVP €     |
|---------|---------------------------|----------|---------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------|
| 1026196 | CJTHT-56-6T-0.75-F-300    | 1.940,50 | 1026237 | CJTHT-80-8T-0.75-F-300      | 2.378,70 | 1060552 | CJTHT-125-4T/6-25-F-300 IE3   | 10.142,75 |
| 1026197 | CJTHT-56-6/12T-0.75-F-300 | 2.025,50 | 1026238 | CJTHT-80-8T-1-F-300         | 2.452,55 | 1026141 | CJTHT-125-4/8T/6-27-F-300     | 12.964,60 |
| 1138747 | CJTHT-63-4T-1-F-300 IE3   | 1.873,15 | 1138752 | CJTHT-90-4T-4-F-300 IE3     | 2.816,65 | 1060555 | CJTHT-125-4T/6-30-F-300 IE3   | 10.716,70 |
| 1138763 | CJTHT-63-4T-1.5-F-300 IE3 | 1.837,90 | 1026243 | CJTHT-90-4/8T-4-F-300       | 3.028,40 | 1026142 | CJTHT-125-4/8T/6-37-F-300     | 13.666,95 |
| 1026203 | CJTHT-63-4/8T-1.5-F-300   | 2.009,00 | 1138765 | CJTHT-90-4T-5.5-F-300 IE3   | 3.012,10 | 1060558 | CJTHT-125-4T/6-40-F-300 IE3   | 12.402,95 |
| 1138761 | CJTHT-63-4T-2-F-300 IE3   | 1.919,90 | 1026244 | CJTHT-90-4/8T-5.5-F-300     | 3.336,70 | 1060561 | CJTHT-125-4T/6-50-F-300 IE3   | 14.316,85 |
| 1026204 | CJTHT-63-4/8T-2-F-300     | 2.144,05 | 1138780 | CJTHT-90-4T-7.5-F-300 IE3   | 3.303,00 | 1274638 | CJTHT-125-4T/6-60-F-300 IE3   | 19.586,05 |
| 1138756 | CJTHT-63-4T-3-F-300 IE3   | 2.040,40 | 1026245 | CJTHT-90-4/8T-7.5-F-300     | 3.812,40 | 1274639 | CJTHT-125-4T/6-75-F-300 IE3   | 19.874,60 |
| 1026205 | CJTHT-63-4/8T-3-F-300     | 2.233,90 | 1050912 | CJTHT-90-4T-10-F-300 IE3    | 3.635,90 | 1060564 | CJTHT-125-4T/9-25-F-300 IE3   | 12.574,45 |
| 1138751 | CJTHT-63-4T-4-F-300 IE3   | 2.155,80 | 1026246 | CJTHT-90-4/8T-10-F-300      | 4.101,70 | 1060567 | CJTHT-125-4T/9-30-F-300 IE3   | 11.433,95 |
| 1026206 | CJTHT-63-4/8T-4-F-300     | 2.392,90 | 1138779 | CJTHT-90-6T-2-F-300 IE3     | 2.787,60 | 1026145 | CJTHT-125-4/8T/9-27-F-300     | 11.293,25 |
| 1026209 | CJTHT-63-6T-0.75-F-300    | 1.982,90 | 1026247 | CJTHT-90-6/12T-2-F-300      | 3.112,95 | 1026146 | CJTHT-125-4/8T/9-37-F-300     | 12.573,35 |
| 1026207 | CJTHT-63-6/12T-0.75-F-300 | 2.083,15 | 1138789 | CJTHT-90-6T-3-F-300 IE3     | 2.978,10 | 1060570 | CJTHT-125-4T/9-40-F-300 IE3   | 12.734,15 |
| 1138777 | CJTHT-63-6T-1-F-300 IE3   | 1.896,10 | 1026248 | CJTHT-90-6/12T-3-F-300      | 3.353,15 | 1060573 | CJTHT-125-4T/9-50-F-300 IE3   | 14.647,75 |
| 1026208 | CJTHT-63-6/12T-1-F-300    | 2.144,05 | 1138786 | CJTHT-90-6T-4-F-300 IE3     | 3.229,00 | 1274640 | CJTHT-125-4T/9-60-F-300 IE3   | 19.782,55 |
| 1138759 | CJTHT-71-4T-1.5-F-300 IE3 | 2.043,40 | 1026249 | CJTHT-90-6/12T-4-F-300      | 3.883,60 | 1274641 | CJTHT-125-4T/9-75-F-300 IE3   | 20.923,20 |
| 1026215 | CJTHT-71-4/8T-1.5-F-300   | 2.206,50 | 1026253 | CJTHT-90-8T-1-F-300         | 2.706,55 | 1274642 | CJTHT-125-4T/9-100-F-300 IE3  | 21.369,00 |
| 1138758 | CJTHT-71-4T-2-F-300 IE3   | 2.125,45 | 1026254 | CJTHT-90-8T-2-F-300         | 3.087,55 | 1274643 | CJTHT-125-4T/12-50-F-300 IE3  | 18.721,10 |
| 1026216 | CJTHT-71-4/8T-2-F-300     | 2.341,55 | 1026255 | CJTHT-90-8T-3-F-300         | 3.414,85 | 1274644 | CJTHT-125-4T/12-60-F-300 IE3  | 20.162,95 |
| 1138754 | CJTHT-71-4T-3-F-300 IE3   | 2.246,00 | 1138767 | CJTHT-100-4T-7.5-F-300 IE3  | 3.471,80 | 1274645 | CJTHT-125-4T/12-75-F-300 IE3  | 26.167,65 |
| 1026217 | CJTHT-71-4/8T-3-F-300     | 2.431,85 | 1026118 | CJTHT-100-4/8T-7.5-F-300    | 3.974,95 | 1274646 | CJTHT-125-4T/12-100-F-300 IE3 | 27.387,20 |
| 1138749 | CJTHT-71-4T-4-F-300 IE3   | 2.361,25 | 1050875 | CJTHT-100-4T-10-F-300 IE3   | 3.804,75 | 1138768 | CJTHT-125-6T/6-5.5-F-300 IE3  | 8.015,20  |
| 1026218 | CJTHT-71-4/8T-4-F-300     | 2.590,70 | 1026119 | CJTHT-100-4/8T-10-F-300     | 4.264,15 | 1138769 | CJTHT-125-6T/6-7.5-F-300 IE3  | 8.331,20  |
| 1026222 | CJTHT-71-6T-0.75-F-300    | 2.180,75 | 1050878 | CJTHT-100-4T-15-F-300 IE3   | 4.084,05 | 1026158 | CJTHT-125-6/12T-6-7.5-F-300   | 10.716,55 |
| 1026219 | CJTHT-71-6/12T-0.75-F-300 | 2.294,60 | 1026116 | CJTHT-100-4/8T-15-F-300     | 5.217,50 | 1050897 | CJTHT-125-6T/6-10-F-300 IE3   | 9.142,45  |
| 1138778 | CJTHT-71-6T-1-F-300 IE3   | 2.489,30 | 1050881 | CJTHT-100-4T-20-F-300 IE3   | 4.647,45 | 1026154 | CJTHT-125-6/12T-6-10-F-300    | 11.775,75 |
| 1026221 | CJTHT-71-6/12T-1-F-300    | 2.341,55 | 1026117 | CJTHT-100-4/8T-20-F-300     | 6.274,00 | 1050900 | CJTHT-125-6T/6-15-F-300 IE3   | 9.849,70  |
| 1138757 | CJTHT-71-6T-1.5-F-300 IE3 | 2.219,95 | 1274631 | CJTHT-100-4T/9-15-F-300 IE3 | 6.424,40 | 1026155 | CJTHT-125-6/12T/6-15-F-300    | 13.441,75 |
| 1026220 | CJTHT-71-6/12T-1.5-F-300  | 2.431,85 | 1274632 | CJTHT-100-4T/9-20-F-300 IE3 | 7.105,45 | 1050903 | CJTHT-125-6T/6-20-F-300 IE3   | 10.835,15 |
| 1138755 | CJTHT-80-4T-3-F-300 IE3   | 2.437,00 | 1274633 | CJTHT-100-4T/9-25-F-300 IE3 | 7.459,50 | 1026156 | CJTHT-125-6/12T/6-24-F-300    | 16.333,10 |
| 1026228 | CJTHT-80-4/8T-3-F-300     | 2.615,25 | 1274634 | CJTHT-100-4T/9-30-F-300 IE3 | 8.913,00 | 1050906 | CJTHT-125-6T/9-10-F-300 IE3   | 9.473,30  |
| 1138750 | CJTHT-80-4T-4-F-300 IE3   | 2.552,30 | 1138776 | CJTHT-100-6T-3-F-300 IE3    | 3.146,80 | 1026159 | CJTHT-125-6/12T/9-10-F-300    | 12.504,05 |
| 1026229 | CJTHT-80-4/8T-4-F-300     | 2.774,15 | 1026120 | CJTHT-100-6/12T-3-F-300     | 3.515,70 | 1050909 | CJTHT-125-6T/9-15-F-300 IE3   | 10.180,45 |
| 1138764 | CJTHT-80-4T-5.5-F-300 IE3 | 2.762,55 | 1138748 | CJTHT-100-6T-4-F-300 IE3    | 3.397,75 | 1026160 | CJTHT-125-6/12T/9-15-F-300    | 14.166,45 |
| 1026230 | CJTHT-80-4/8T-5.5-F-300   | 3.096,80 | 1026121 | CJTHT-100-6/12T-4-F-300     | 4.046,00 | 1060578 | CJTHT-125-6T/9-20-F-300 IE3   | 11.165,85 |

## ANEXO 14: Ficha técnica del equipo ventilador jet fan.

**HCT/IMP-LS-UNI-35-2T-1.5 60HZ**

Código: 1166399

**Ventiladores tipo jet fan de gran alcance unidireccionales o reversibles**

Ventiladores tipo jet fan de gran alcance unidireccionales o reversibles con diseño octogonal para movimiento de aire y extracción de CO en aparcamientos.

**Ventilador:**

- Conjunto de ventilador unidireccional o reversible compuesto de ventilador, silenciadores, deflectores y soportes.
- Hélice en poliamida 6 reforzada con fibra de vidrio, excepto modelos 50-2T en aluminio.
- Hélice orientable diseñada para obtener grandes empujes.
- Rejilla de protección contra contactos según norma UNE-EN ISO 12499 en los modelos unidireccionales.
- Deflector para aumento de alcance del aire, en el lado de impulsión. Los modelos reversibles van equipados con deflectores en ambos lados.
- Silenciadores de alta atenuación con aislamiento térmico y acústico.
- Interruptor de seguridad, serie INT, incorporado en el ventilador (HCT/IMP-L).
- Dirección aire motor-hélice o reversible 100%.
- HCT/IMP-L: Envoltorio en chapa de acero galvanizado.
- HCT/IMP-LS: Envoltorio de longitud reducida, en chapa de acero galvanizada.

**Motor:**

- Motores clase F con rodamientos a bolas y protección IP55. De 1 o 2 velocidades según modelo.
- Trifásico 380/440 V 60 Hz.
- Temperatura de trabajo: -25 °C +40 °C.

**Acabado:**

- Chapa de acero galvanizado.

**Bajo demanda:**

- Prestaciones de empuje distintas a las indicadas.
- Versión homologada para evacuación de humos según norma EN 12101-3 (ver serie THT/IMP).

**DARDO CARACTERÍSTICO Y ACÚSTICA A 20°C OMSNM 1,2KG/M³****Punto Diseño (a Rpm máx.)**

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| Longitud x del dardo (m) | 24,92 |
| Anchura y del dardo (m)  | 10,59 |

**Punto Servicio (PS)**

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| Velocidad (rpm)             | 3395 |
| Caudal (cfm)                | 3743 |
| Impulso (N)                 | 36   |
| Velocidad salida aire (m/s) | 17,8 |
| Velocidad aire (m/s)        | 1    |



INFORME TÉCNICO DE DATOS  
07/11/2025



| Banda   | Lw dB(A) | Lp dB(A) |
|---------|----------|----------|
| 63 Hz   | 56       | 44       |
| 125 Hz  | 62       | 50       |
| 250 Hz  | 80       | 68       |
| 500 Hz  | 69       | 57       |
| 1000 Hz | 72       | 60       |
| 2000 Hz | 71       | 59       |
| 4000 Hz | 69       | 57       |
| 8000 Hz | 60       | 48       |
| TOTAL   | 82       | 70       |

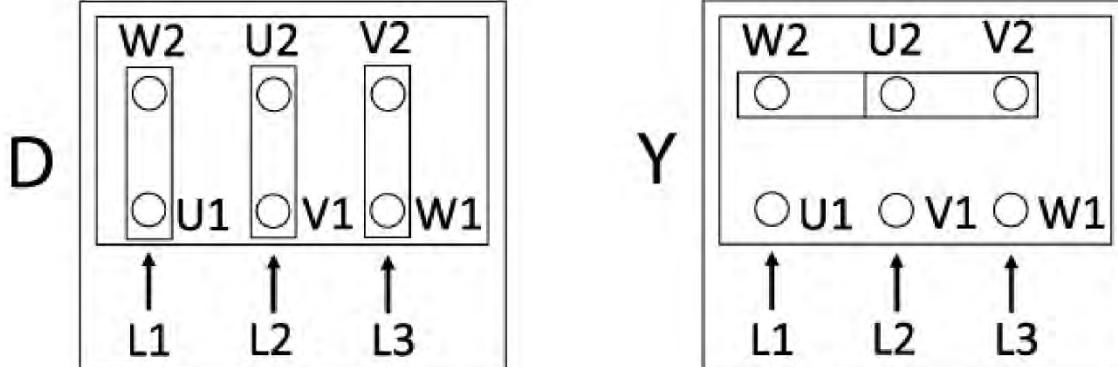
### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

|                     |      |
|---------------------|------|
| Caudal máximo (cfm) | 3743 |
| Velocidad (rpm)     | 3395 |

### DATOS DEL MOTOR

|                                |      |                                |      |
|--------------------------------|------|--------------------------------|------|
| Potencia Mecánica Nominal (kW) | 1,1  | Corriente máx. (A) 380-480 V Y | 2,32 |
| Hz/fases                       | 60/3 | Corriente máx. (A) 220-277 V D | 4,03 |
| Motor (rpm)                    | 3395 | Protección del motor           | IP55 |
| Polos                          | 2P   | Tamaño del bastidor del motor  | 80   |

Los datos pueden cambiar, por favor consulte la placa del motor





INFORME TÉCNICO DE DATOS  
07/11/2025

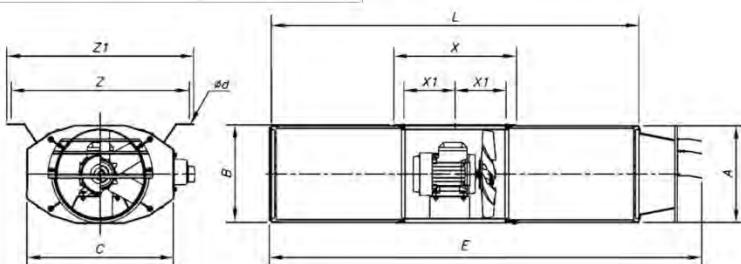
## DIMENSIONES

| A   | B   | C   | $\varnothing d$ | E    | L    | X   | X1  | Z   | Z1  |
|-----|-----|-----|-----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 383 | 386 | 523 | 12x26           | 1410 | 1200 | 400 | 167 | 614 | 644 |

Las dimensiones sin unidades definidas explícitamente se muestran en milímetros (mm). Dimensiones dependientes del motor son aproximadas

Peso aprox. (kg)

62



## ACCESORIOS DISPONIBLES

### Accesorios generales disponibles



INT-KG-  
20/3CA 2 VSD3/A-RFT- VSD1/A-RFM- VS13/A-RFT- VSD1/A-RFM-CENTRAL CO  
2-IP66 2-IP66

### Accesorios en boca de aspiración disponibles

No hay accesorios en boca de aspiración disponibles.

### Accesorios en boca de impulsión disponibles



P-400

Se debe comprobar que el accesorio es adecuado para el modelo de ventilador



## VENTILADORES HELICOIDALES



### HCT/IMP

Jet fans de gran alcance unidireccionales o reversibles

| COD                   | MOD                          | PVP €    |
|-----------------------|------------------------------|----------|
| <b>UNIDIRECCIONAL</b> |                              |          |
| 1166573               | HCT/IMP-L-UNI-29-2T-0.75     | 1.365,90 |
| 1166560               | HCT/IMP-L-UNI-35-2T-1.5 IE3  | 1.500,40 |
| 1166583               | HCT/IMP-L-UNI-38-2T-1.5 IE3  | 1.704,40 |
| 1166577               | HCT/IMP-L-UNI-40-2T-1.5 IE3  | 1.837,90 |
| 1166564               | HCT/IMP-L-UNI-45-2T-2 IE3    | 1.991,30 |
| 1166571               | HCT/IMP-L-UNI-45-2T-3 IE3    | 2.012,65 |
| 1166581               | HCT/IMP-L-UNI-50-2T-5.5 IE3  | 2.437,30 |
| 1166567               | HCT/IMP-LS-UNI-29-2T-0.75    | 1.266,15 |
| 1166569               | HCT/IMP-LS-UNI-35-2T-1.5 IE3 | 1.412,20 |
| 1166557               | HCT/IMP-LS-UNI-38-2T-1.5 IE3 | 1.628,15 |
| 1166563               | HCT/IMP-LS-UNI-40-2T-1.5 IE3 | 1.756,75 |
| 1166575               | HCT/IMP-LS-UNI-45-2T-2 IE3   | 1.991,30 |
| 1166562               | HCT/IMP-LS-UNI-45-2T-3 IE3   | 2.012,65 |
| 1166561               | HCT/IMP-LS-UNI-50-2T-5.5 IE3 | 2.437,30 |
| 1167349               | HCT/IMP-L-UNI-29-4T-0.12     | 1.317,50 |
| 1167371               | HCT/IMP-L-UNI-35-4T-0.12     | 1.395,10 |
| 1167354               | HCT/IMP-L-UNI-38-4T-0.25     | 1.615,65 |
| 1167355               | HCT/IMP-L-UNI-40-4T-0.33     | 1.726,40 |
| 1167360               | HCT/IMP-L-UNI-45-4T-0.33     | 1.837,00 |
| 1167369               | HCT/IMP-L-UNI-45-4T-0.5      | 1.875,30 |
| 1167348               | HCT/IMP-L-UNI-50-4T-0.75     | 2.136,50 |
| 1167352               | HCT/IMP-LS-UNI-29-4T-0.12    | 1.217,80 |
| 1167356               | HCT/IMP-LS-UNI-35-4T-0.12    | 1.306,75 |
| 1167373               | HCT/IMP-LS-UNI-38-4T-0.25    | 1.539,15 |
| 1167359               | HCT/IMP-LS-UNI-40-4T-0.33    | 1.645,20 |
| 1167363               | HCT/IMP-LS-UNI-45-4T-0.33    | 1.837,00 |
| 1167365               | HCT/IMP-LS-UNI-45-4T-0.5     | 1.875,30 |
| 1167364               | HCT/IMP-LS-UNI-50-4T-0.75    | 2.136,50 |
| 1161528               | HCT/IMP-L-UNI-29-2/4T        | 1.527,50 |

| COD               | MOD                          | PVP €    |
|-------------------|------------------------------|----------|
| 1161530           | HCT/IMP-L-UNI-45-2/4T-2      | 2.246,45 |
| 1161547           | HCT/IMP-L-UNI-45-2/4T-3      | 2.360,35 |
| 1161534           | HCT/IMP-L-UNI-50-2/4T-6      | 3.024,10 |
| 1161526           | HCT/IMP-LS-UNI-29-2/4T       | 1.427,75 |
| 1161538           | HCT/IMP-LS-UNI-35-2/4T       | 1.485,75 |
| 1161544           | HCT/IMP-LS-UNI-38-2/4T-1.5   | 1.819,20 |
| 1161536           | HCT/IMP-LS-UNI-40-2/4T-1.5   | 1.938,20 |
| 1161551           | HCT/IMP-LS-UNI-45-2/4T-2     | 2.159,35 |
| 1161539           | HCT/IMP-LS-UNI-45-2/4T-3     | 2.273,10 |
| 1161552           | HCT/IMP-LS-UNI-50-2/4T-6     | 2.930,00 |
| <b>REVERSIBLE</b> |                              |          |
| 1166570           | HCT/IMP-L-REV-29-2T-0.75     | 1.386,35 |
| 1166584           | HCT/IMP-L-REV-35-2T-1.5 IE3  | 1.523,70 |
| 1166558           | HCT/IMP-L-REV-38-2T-2 IE3    | 1.805,95 |
| 1166566           | HCT/IMP-L-REV-40-2T-2 IE3    | 1.854,10 |
| 1166572           | HCT/IMP-L-REV-45-2T-2 IE3    | 2.019,70 |
| 1166576           | HCT/IMP-L-REV-45-2T-3 IE3    | 2.042,20 |
| 1166578           | HCT/IMP-L-REV-50-2T-5.5 IE3  | 2.509,45 |
| 1166574           | HCT/IMP-LS-REV-29-2T-0.75    | 1.286,70 |
| 1166579           | HCT/IMP-LS-REV-35-2T-1.5 IE3 | 1.435,35 |
| 1166582           | HCT/IMP-LS-REV-38-2T-2 IE3   | 1.729,65 |
| 1166568           | HCT/IMP-LS-REV-40-2T-2 IE3   | 1.887,75 |
| 1166580           | HCT/IMP-LS-REV-45-2T-2 IE3   | 2.008,15 |
| 1166559           | HCT/IMP-LS-REV-45-2T-3 IE3   | 2.029,40 |
| 1166585           | HCT/IMP-LS-REV-50-2T-5.5 IE3 | 2.509,45 |
| 1167368           | HCT/IMP-L-REV-29-4T-0.12     | 1.338,00 |
| 1167361           | HCT/IMP-L-REV-35-4T-0.12     | 1.418,35 |
| 1167353           | HCT/IMP-L-REV-38-4T-0.33     | 1.651,70 |
| 1167374           | HCT/IMP-L-REV-40-4T-0.33     | 1.745,00 |
| 1167362           | HCT/IMP-L-REV-45-4T-0.33     | 1.855,90 |
| 1167367           | HCT/IMP-L-REV-45-4T-0.5      | 1.896,70 |
| 1167351           | HCT/IMP-L-REV-50-4T-0.75     | 2.284,20 |
| 1167372           | HCT/IMP-LS-REV-29-4T-0.12    | 1.238,20 |
| 1167350           | HCT/IMP-LS-REV-35-4T-0.12    | 1.330,15 |
| 1167366           | HCT/IMP-LS-REV-38-4T-0.33    | 1.575,35 |
| 1167358           | HCT/IMP-LS-REV-40-4T-0.33    | 1.733,55 |
| 1167370           | HCT/IMP-LS-REV-45-4T-0.33    | 1.853,95 |
| 1167347           | HCT/IMP-LS-REV-45-4T-0.5     | 1.892,10 |

| COD   | MOD                      | PVP €    |
|---|--------------------------|----------|
| 1161548                                     | HCT/IMP-L-REV-38-2/4T-2  | 2.025,60 |
| 1161535                                     | HCT/IMP-L-REV-40-2/4T-2  | 2.179,15 |
| 1161541                                     | HCT/IMP-L-REV-45-2/4T-2  | 2.336,50 |
| 1161549                                     | HCT/IMP-L-REV-45-2/4T-3  | 2.450,20 |
| 1161537                                     | HCT/IMP-L-REV-50-2/4T-6  | 3.116,60 |
| 1161545                                     | HCT/IMP-LS-REV-29-2/4T   | 1.448,25 |
| 1161542                                     | HCT/IMP-LS-REV-35-2/4T   | 1.509,15 |
| 1161525                                     | HCT/IMP-LS-REV-38-2/4T-2 | 1.949,25 |
| 1161531                                     | HCT/IMP-LS-REV-40-2/4T-2 | 2.097,90 |
| 1161546                                     | HCT/IMP-LS-REV-45-2/4T-2 | 2.249,40 |
| 1161543                                     | HCT/IMP-LS-REV-45-2/4T-3 | 2.363,15 |
| 1161550                                     | HCT/IMP-LS-REV-50-2/4T-6 | 3.022,50 |
| <b>HTM</b>                                  |                          |          |
| Ventiladores helicoidales tubulares móviles |                          |          |
| 1005871                                     | HTM-35-2T                | 1.000,05 |
| 1005870                                     | HTM-35-2M                | 1.020,45 |
| 1005873                                     | HTM-35-4T                | 879,30   |
| 1005872                                     | HTM-35-4M                | 904,10   |
| 1005875                                     | HTM-40-4T                | 1.114,45 |
| 1005874                                     | HTM-40-4M                | 1.104,10 |
| 1005877                                     | HTM-45-4T                | 1.124,80 |
| 1005876                                     | HTM-45-4M                | 1.193,80 |
| 1005879                                     | HTM-56-4T                | 1.319,15 |
| 1005878                                     | HTM-56-4M                | 1.491,90 |
| 1005880                                     | HTM-63-4T IE3            | 1.945,65 |



## ANEXO 15: Ficha técnica del sensor de monóxido de carbono.

**INDOOR AIR QUALITY CO-EC Series**

### Wall & Duct CO Sensor/Controller

Stand-alone or with multiple units, controls VFDs or across the line fans directly  
LCD display with intuitive set up menu  
Integrated set-point and alarm relays



**SENVIA**



CO-EC-W-A  
Industrial Wall Mount

CO-EC-D-A  
Duct Mount

**DESCRIPTION**

Senvia CO Series carbon monoxide sensors maximize energy savings, while ensuring optimal ventilation. These sensors measure and control the amount of CO present in a location. The unit can act as stand alone controller with either relay output for DOL fan operation or 0 to 10VDC or 4 to 20mA outputs for directly controlling variable speed fans. Multiple sensors may be used in parallel sequence (0-10V) for cost effective coverage of large areas.

**APPLICATIONS**

- Ensure adequate air flow in parking lot garage
- Control VFDs or across the line fans

**FEATURES**

**Cost-effective CO sensing and control in a compact unit**

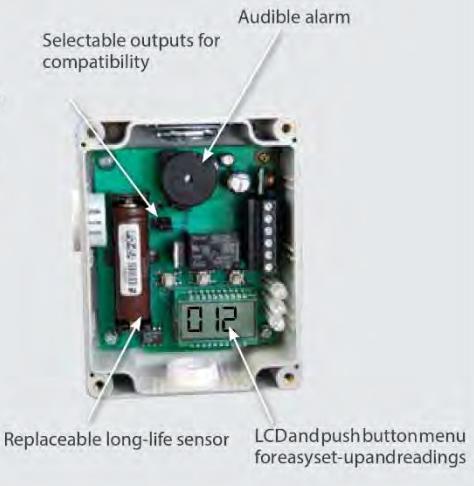
- Integrated display and push-button menus for field selectable scale, calibration, and operational modes
- Dual 4-20mA and 0-5V/0-10V output (jumper selectable) for direct control of variable frequency or as input to other controllers
- Integrated set-point relay is ideal for direct control applications of DOL fans
- 0-10VDC output is internally equipped for parallel connection of multiple sensor voltage outputs for large area coverage. Resulting voltage will be the greater of all connected sensors. Cost-effectively sensing and control of large areas.

**High reliability reduces call backs**

- UL2034 recognized electrochemical sensor element
- 5-year, long life sensor—no consumption of sensor active materials or electrodes

**High accuracy for improved system performance**

- Excellent selectivity to carbon monoxide—no false alarms +/-2% repeatability
- High sensitivity... accurately measure low concentrations as typically found in parking garages
- Long term stability > +/-5%
- Fast response time meets UL requirements



### SPECIFICATIONS

|                        |  |
|------------------------|--|
| Power Supply           | 12-30VDC/24VAC(1), 100mA max.  |
| Analog Outputs         | Dual Analog 3-wire 4-20mA and 0-5V/0-10V (2) (jumper)<br>Output scaling 0-100ppm (default), 0-200ppm (jumper)  |
| Alarm Exposure Relay   | Programmable (50/100 ppm) Form A, 5A@30VAC/DC  |
| Setpoint (Fan) Relay   | Programmable (5~45ppm) Form B, 1A@30VAC/DC   |
| Display                | 3-1/2 digit LCD Indicates CO ppm, setup menu features  |
| LED's                  | Green, Yellow, Red Green = Normal, Yellow = Relay, Red = Alarm   |
| Audible exposure alarm | 90dB Piezo transducer 30 minutes above 100ppm per UL2034   |
| Sensor Performance     | Type Long-life Electrochemical<br>Reproducibility +/-2% same day<br>Response time 60 seconds to 90% reading<br>Certifications UL2034 recognized (sensor only)<br>Long term stability <+/-5% per year<br>Life expectancy 5 years              |
| LCD Menu               | SP, Setpoint - Fan (Relay ON) 5/10/15/20/25/30/35/40/45ppm selectable (25ppm default)  |
| Setup Parameters       | RP, Alarm Exposure (Relay ON) 50/100ppm selectable (100ppm default)<br>FC, Fan cycle time (minimum) 1 to 10 minutes (3 minutes default)<br>CAL, Calibration Sensor calibration value (printed on sensor)<br>RUN, Run mode Displays CO in ppm |
| Operating Environment  | Temperature, continuous -10 to 60°C<br>Temperature, intermittent -40 to 70°C<br>Humidity 5-99% RH, non-condensing  |
| Enclosure              | Material Polycarbonate<br>Dimensions 4.53" h x 3.55" w x 2.3" d  |

INDOOR AIR QUALITY

CO-EC Series

### ORDERING

**CO-EC-**  **-A**

**Mounting Style**

D = Duct  
W = Wall

**Replacement Sensor Elements**

CO-EC-SEN Replacement CO element

**TERMINAL CONNECTIONS**

**EXAMPLE OF WIRING CONFIGURATION FOR DIRECT CONTROL OF EXHAUST FAN**

Carbon Monoxide Sensing Range



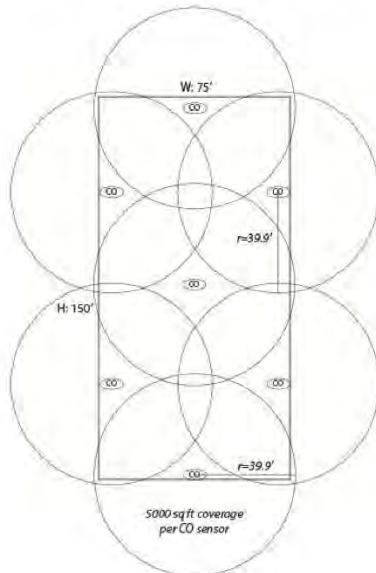
## Carbon Monoxide Placement Recommendation

**Product:** CO-EC-W-A and CO-EC-D-A

**Description:** Recommendations for CO sensor placement based on sensing coverage of Senva CO Series

The Senva Carbon Monoxide sensor installation manual states that CO sensors are recommended to be installed with one sensor per 5000 square feet. Wall sensors should be mounted approximately 5' from the floor in a vertical orientation.

For a visualization of proper placement of Senva CO sensors, see the diagram below.



Senva recommends that all points inside the structure are within 40' of a Senva CO sensor to ensure the entire area is monitored. Senva CO sensors are equipped with both LED indicators and audible alarms that are programmable through the LCD menu to ensure occupants are aware if CO levels become hazardous.

*NOTE: This is a manufacturer recommendation. Consult local and state building codes to ensure coverage is adequate for the monitored space.*

**COTIZACION: 001-00105609**

FECHA : 13/05/2024  
 SEÑOR : RUTH VARGAS  
 DIRECCION :  
 TELEFONO : 989597217  
 ATTE :  
 VENDEDOR : ANTHONY ESPIRITU B.

**TECNOMAB SOLUCIONES GENERALES S.A.C.**  
**RUC: 20551759696**  
 CALLE LOMAS DE LAS FRESIAS 197 -  
 SURCO   
 Telf: (01)7750414   
 E-mail: ventas@valiometro.pe

Estimados señores:

Por medio de la presente nos es grato cotizarles lo siguiente:

| CODIGO | MARCA  | DESCRIPCION   | U.M. | CANT. | V.VENTA | IGV   | P.UNIT. | TOTAL     |
|--------|--------|---|------|-------|---------|-------|---------|-----------|
| CO     | SENVIA | Sensor detector de monóxido de carbono con pantalla LED con función de configuración.<br>disponible | UND  | 28.00 | 421.20  | 75.82 | 497.02  | 13,916.56 |

**EN: NUEVOS SOLES**

**VALOR VENTA : S/. 421.20** IGV : S/. 75.82 **TOTAL NETO : S/. 13,916.56**

CONDICION DE PAGO : CONTADO

VALIDEZ : 15 días

OBSERVACION :

**DATOS BANCARIOS:**

A NOMBRE DE :   
 BCP -BANCO DE CRÉDITO DEL PERU   
 Cta. Corriente Soles: 194-2322725-0-67   
 CCI Soles : 00219400232272506799

TECNOMAB SOLUCIONES GENERALES S.A.C.   
 BBVA BANCO CONTINENTAL   
 Cta. Corriente Soles: 0011-0194-0100082787-81   
 CCI Soles : 011-194-000100082787-81

**CONDICION GENERALES:**

Precios unitarios NO incluyen gastos de envío, capacitaciones, calibración o cualquier otro servicio.

Formas de pago:

- Efectivo/ Depósito en cuenta/Transferencia bancaria/Pago en nuestras oficinas/50% de adelanto para equipos NO disponibles en stock

Disponibilidad:

- Stock sujeto a cambios sin previo aviso

Garantía:

- 1 año contra defectos de fabricación para equipos de medición y 3 meses para sondas, electrodos de pH, conductividad y OD (Oxígeno disuelto)

- No se realizan cambios ni devoluciones

Entrega:

- Entrega de equipos en nuestras oficinas

- Envíos a provincia se programa con 1 día de anticipación con un recargo de S/.35 a 60 soles dependiendo del destino y dimensiones de la caja

- Todos los envíos a provincia se realizan a través de OLVA Courier y previa confirmación de pago.

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

Atentamente

.....

Vendedor

ventas1@valiometro.pe

## ANEXO 16: Junta Flexible

## **JUNTAS TEXTILES REF: TEXPLUS-HT**

**DESCRIPCIÓN**

Las juntas de expansión textiles son accesorios flexibles diseñados para absorber movimientos causados por la dilatación térmica que se produce en sistemas de tuberías o ductos calientes con medios gaseosos; también pueden absorber desalineamientos. Se fabrican a partir de una amplia variedad de materiales no metálicos, incluidos los elastómeros sintéticos, tejidos, materiales aislantes y fluoroplásticos, dependiendo de los diseños.

**DISEÑO**

Las juntas de expansión textiles, referencia TEXPLUS-HT, las fabrica Flexilatina de Colombia con diseño tipo correa, con una caja de material refractario, evitando así que la temperatura interna del fluido, llegue directamente a la tela externa de la junta de expansión, previniendo fallas prematuras y fuga de gases al exterior. Este diseño es indicado para instalar en tuberías o ductos, pueden ser con extremos flanchados o puntas biseladas para soldar.

**CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:**

Temperatura máxima: 0 hasta 1200°C \*\*\*

Presión máxima: 5 psi \*\*\*

\*\*\* La temperatura y la presión son inversamente proporcionales, a mayor temperatura de trabajo menor presión de operación y viceversa.

**Velocidad de flujo:**

- Siempre usar caño guía para gases con velocidades mayores a 10m/s (30 ft/seg), en corrientes de gas cargado de polvo y partículas y para protección de abrasión.

**MOVIMIENTOS:**

- Axial. Compresión o extensión.
- Lateral. Deflexión horizontal o vertical.
- Movimiento angular.
- Torsión.
- Diseños customizados para vibraciones; ventiladores, molinos y transportad

**FLUIDOS**

- Aire.
- Gases de combustión.
- Gases abrasivos.



## ANEXO 17: Cotización de Tablero de Control



|           |           |             |
|-----------|-----------|-------------|
| DIA       | MES       | AÑO         |
| <b>28</b> | <b>10</b> | <b>2025</b> |

## **ORDEN DE COMPRA**

Nº 193

**Señor (es):** FIRST CONTROL EIRL  
**Dirección:** Calle Gonzales Prada N°1025-Surquillo-Lima  
**Contacto:** Sr. Jaime Gonzales  
**Lo siguiente:** Materiales Diversos, según detalle  
**Referencia N°:** COTIZACIÓN N° JG-892-23  
**Facturar a Nombre de:** O & M CONTRATISTAS S.A.C.  
**Dirección:** AV. 24 de Junio N° 462 Residencial Victoria Wanchaq- Cusco

RUC N° 20502889274

| ARTICULOS |               |   |   |               | VALOR        |                        |
|-----------|---------------|---|---|---------------|--------------|------------------------|
| a<br>ITM  | b<br>Cantidad | c<br>Unidad de<br>Medida                        | d<br>DESCRIPCION  | e<br>Unitario | f<br>TOTAL   |                        |
| 01        | 2.00          | Unidad de                                       | TABLERO DE VENTILACION INYECTOR Y EXTRACTOR PARA 02 VENTILADORES HELICOIDALES DE 37KW 380V 60HZ C/U INCLUIDO VARIADOR DE VELOCIDADES. | 11,939.20     | 23,878.40    | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           |               |   |   |               |              | -                      |
|           | SON:          | <u>AFFECTACION PRESUPUESTAL:</u>                |   |               | S/.          | <b>23,878.40</b>       |
|           |               | FF.FF.<br>PPTO<br>PIEGO                         |   |               | IGV 18%      | S/<br><b>5,241.60</b>  |
|           |               | CAJA Y BANCOS<br>2023<br>O & M CONTRATISTAS SAC |   |               |              |                        |
|           |               |   |   |               | <b>TOTAL</b> | S/<br><b>29,120.00</b> |

| ORDENACION DE LA COMPRA | Afectación Presupuestal |                 | Distribución Contable                 |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| ADELANTO DEL 50%        | Proyecto                |                 | CUENTAS POR PAGAR<br><b>29,120.00</b> |
|                         | Obra                    | HUANCARO -CUSCO |                                       |
|                         |                         |                 |                                       |

Titular: **First Control E.I.R.L.**  
 Nº de Cuenta Corriente: **193-2613295-0-18**  
 Banco: **BCP** Moneda: **Nuevos soles**  
 Nos reservamos el derecho de devolver los servicios que no  
 está de acuerdo con nuestras especificaciones.

| Día | Mes | Año |
|-----|-----|-----|
|     |     |     |

---

CONFORMIDAD:

## ANEXO 18: Sensor de Humo

# DATA SHEET

## SL-2000-P

### PHOTOELECTRIC DUCT SMOKE DETECTOR



#### PRODUCT DESCRIPTION

The SL-2000-P is a 4 wire conventional duct smoke detector that offers fast installation, tool-less testing with cover in place and easy maintenance features. These detectors can be mounted horizontally or vertically for more adaptability in the field.



#### AGENCY LISTING



#### PRODUCT FEATURES

- Patented No-Tools Required front or rear loading and removing sampling/exhaust tubes
- Patented Test Port Valve allows for aerosol smoke testing without cover removal
- Clear cover fitted with four captive No-Tools Required thumbscrews
- Instantaneous cover removal trouble indication
- Staggered terminal blocks for easier wiring
- Detector head's LED indicates for normal status (flashing light), alarm status (solid state) or trouble (off)
- Magnet test capability (magnet included)
- Duct wall gaskets on back of enclosure are pre-installed
- Unit's pcb board includes green pilot and red alarm visual indicators or off for trouble
- External mounting tabs do not require cover removal to install
- Colored cover gasket indicates proper cover seal
- Reset switch is also an alarm test switch
- Operating voltages: 230VAC, 115VAC, 24VAC, 24VDC
- Relay contacts:
  - Two sets of 10A form C alarm contacts
  - One set of 2A form A alarm contacts
  - One set of 10A form C trouble contacts
- Standard interchangeable "plug-in" UL268 photoelectric heads with advances internal dust filtering design
- No additional screens or filters to clean
- Complete wiring details permanently attached to unit
- Low-Flow Technology (between 100-4000 ft./min)
- Listed for high-temperature applications
- Interconnect up to 30 units for common functions
- Footprint allows easy retrofit in many applications without additional drilling
- Compatible with building automation and fire alarm systems

#### Sampling Tubes

Sampling tubes must be ordered separately and are required for proper installation

##### FAST TUBES



PLASTIC ADAPTOR LOCKS IN TUBES



INSERT ADAPTOR, INTERCONNECT TUBES & TURN TOWARD AIRFLOW



INSERT TUBES & TURN TOWARD AIRFLOW



LOCK TUBES USING RETENTION CLIP

##### STN- Series Metal Tubes

| Part     | Length     | Duct Width |
|----------|------------|------------|
| STN-1.0  | 10' Tube   | 0-1 ft.    |
| STN-2.5  | 2.5' Tube  | 1-3 ft.    |
| STN-5.0  | 5.0' Tube  | 3-5 ft.    |
| STN-10.0 | 10.0' Tube | 5-10 ft.   |

**ENGINEERS & ARCHITECTS SPECIFICATIONS:**[apcfire.com/sl2000specifications](http://apcfire.com/sl2000specifications)**FOR MORE PRODUCTS AND INSTALL GUIDES VISIT: [apcfire.com/products](http://apcfire.com/products)****PRODUCT SPECIFICATIONS**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>MODEL NUMBER:</b>                             | SL-2000-P  | Photoelectric: 230VAC, 115VAC, 24VAC, 24VDC  |
| <b>DETECTOR MODEL NUMBER:</b>                    | SL-2000-P  | 55000-328APO   |
| <b>SAMPLING TUBES:</b>                           | FAST Tube<br>STN-1.0<br>STN-2.5<br>STN-5.0<br>STN-10.0   | Sectional sampling tube, kit fits up to 90" duct width<br>Sampling tube for 12" or less duct width<br>Sampling tube for 6" to 2.5' duct width<br>Sampling tube for 2.5' to 5.0' duct width<br>Sampling tube for 5.0' to 10.0' duct width |
| <b>POWER REQUIREMENTS:</b> (without accessories) | 230VAC<br>115VAC<br>24VAC<br>24VDC   | 12 mA<br>22 mA<br>55 mA<br>14 mA   |
| Standby:   |  |  |
| Alarm:   | 230VAC<br>115VAC<br>24VAC<br>24VDC   | 18 mA<br>32 mA<br>190 mA<br>68 mA  |
| <b>RELAY CONTACT RATING:</b>                     |  |  |
| Alarm Contacts:                                  |  | Resistive load: 2 sets form "C" rated at 10 Amps @ 115VAC  |
| Trouble Contacts:                                |  | Resistive load: 1 set form "A" rated at 2 Amps   |
|  |  | Resistive load: 1 set form "C" rated at 10 Amps @ 115VAC   |
| <b>AIR VELOCITY:</b>                             | 100 to 4,000 ft./min.  |  |
| <b>AMBIENT TEMPERATURE:</b>                      | SL-2000-P  | 32°F to 140°F (0°C to 60°C)  |
| <b>HUMIDITY:</b>                                 | 85 ±5 % RH (@32 ±2°C; 86 ±3.6°F)   | Non-Condensing / Non-Freezing  |
| <b>WIRING:</b>                                   | Solid or stranded: #12 to #22 AWG terminals  |  |
| <b>APPROVALS:</b>                                | UL & CUL Listed (UL268A, UROX, UROX7) File # S2829<br>CSFM Listed (3240-1004:105)                      |  |
| <b>MATERIAL:</b>                                 | Grey plastic backbox, clear plastic cover (Makrolon 94V-0)   |  |
| <b>DIMENSIONS:</b>                               | 13 ½" L x 4 ½" W x 2 ¼" H  |  |
| <b>MAX. NET WT.:</b>                             | 2 ½ lbs.   |  |
| <b>HARDWARE:</b>                                 | 7" exhaust tube, sampling tube end cap, mounting template, test magnet, and mounting hardware included |  |

**ACCESSORIES**

|                |   |             |   |
|----------------|---|-------------|---|
| MSR-100 series | Remote Stations (Test Reset Function)     | TG-2000     | Solo Smoke Gas w/TestPort Nozzle              |
| MSR-50 series  | Remote Stations (Test Reset Function)     | TG-2500     | Centurion Smoke Gas w/TestPort Nozzle         |
| MS- series     | Remote Stations (Push Button & Key Reset) | T-PB series | Power Supplies, 24VAC from 115VAC @1.0A Input |
| WP-2000        | Waterproof Enclosure                      |             |   |

**WIRING INSTRUCTIONS:**

click the link or scan our QR code to visit our  
Tech Support page for wiring, guides & videos!

[www.apcfire.com/SUPPORT](http://www.apcfire.com/SUPPORT)



INSTRUMENTACIÓN, MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN

ASOCIE INSTRUMENTOS E.I.R.L.

Pj. las Agatas Nro.161,Urb. Balconcillo, La Victoria - Lima, Peru

RUC: 20606961261

INDEC PERU CONSULTORIA Y EJECUCION  
 SOCIEDAD ANONIMA CERRADA-INPECEJ S.A.C.  
 MZA. F LOTE 5 URB. LOS ALAMOS - WANCHAQ -  
 CUSCO - CUSCO  
 080108  
 Perú  
 Tax ID: 20490217127

## Cotización # S13080

**Fecha de presupuesto:**

03/11/2025

**Comercial:**

LA ROSA ROCHER, KIMBERLY CECILIA

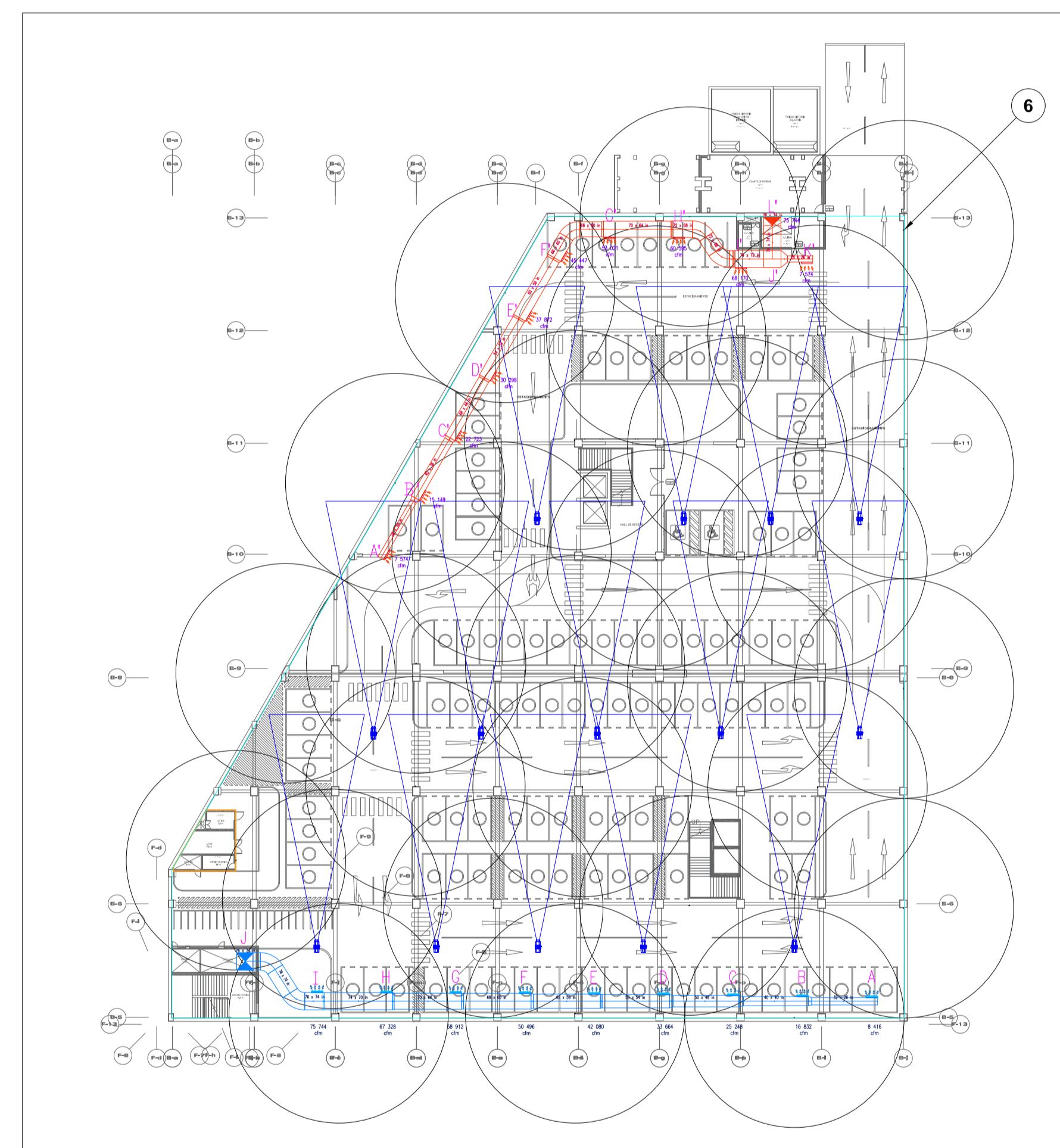
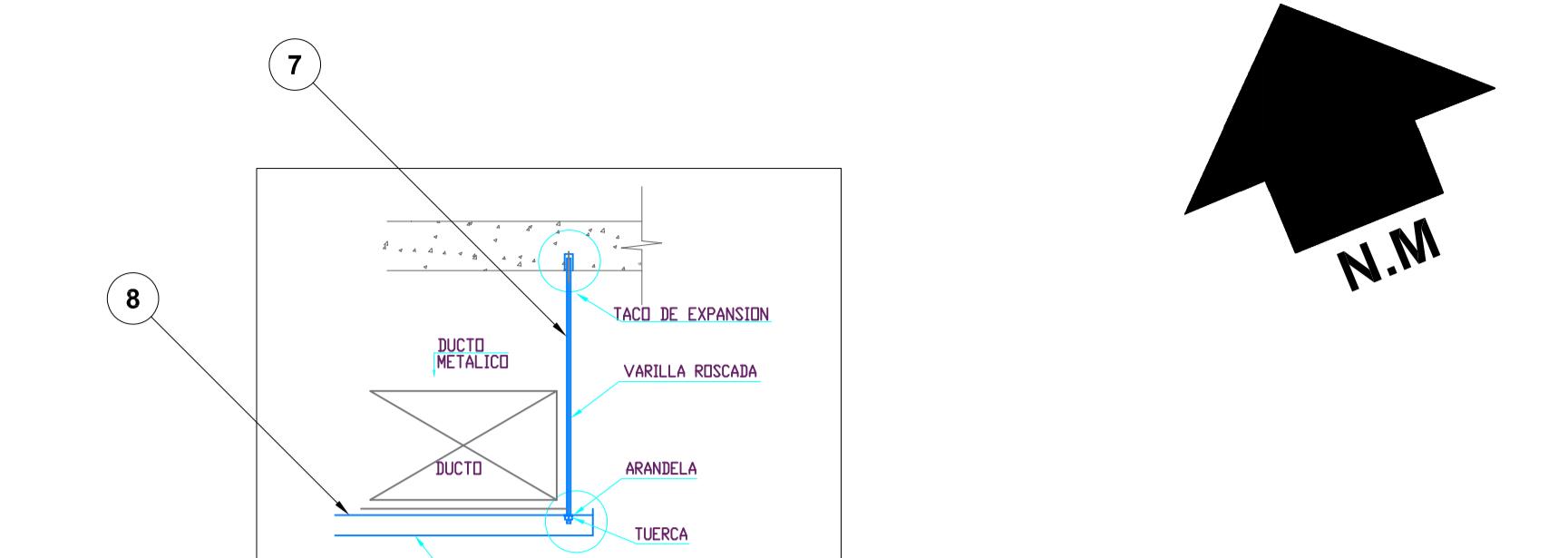
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD         | PRECIO UNITARIO | IMPUESTOS | IMPORTE   |
|---|------------------|-----------------|-----------|-----------|
| SL-2000-P<br>Detector de humo sensor fotoeléctrico para la detección temprana de humo y productos de combustión presentes en el aire que se mueve a través de conductos HVAC Marca Air Products and Controls. Modelo: SL-2000-P | 1.00<br>Unidades | 155.00          | IGV       | \$ 155.00 |

|                |           |
|----------------|-----------|
| Base imponible | \$ 155.00 |
| IGV            | \$ 27.90  |
| Total          | \$ 182.90 |

### CONDICIONES COMERCIALES

Todas las compras a realizarse se encuentran sujetas a los siguientes términos y condiciones establecidos por ASOCIE INSTRUMENTOS E.I.R.L. Toma en cuenta que cualquier persona natural o jurídica que registre sus datos o realice cualquier tipo de compra en esta empresa, está tomando conocimiento y aceptando automáticamente los siguientes términos y condiciones establecidos que desarrollaremos a continuación:

ANEXO 19: Planos del sistema de ventilación



| POS. | CANT. | DESCRIPCIÓN                     | MATERIAL                     | observación |
|------|-------|---------------------------------|------------------------------|-------------|
| 8    | 01    | ANGULOS DE ACERO                | ACERO GALVANIZADO ZINCADO    | M-10        |
| 7    | 01    | VARILLAS                        | ACERO GALVANIZADO ZINCADO    | M-11        |
| 6    | 28    | SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO   | POLICARBONATO                | O-8         |
| 5    | 10    | REJILLA DE EXTRACCIÓN           | ALUMINIO EXTRUIDO            | I-10        |
| 4    | 09    | REJILLA DE INYECCIÓN            | ALUMINIO EXTRUIDO            | J-2         |
| 3    | 01    | DUCTO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN | PLANCHA DE ACERO GALVANIZADO | E-8         |
| 2    | 01    | DUCTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN  | PLANCHA DE ACERO GALVANIZADO | C-2         |
| 1    | 14    | VENTILADOR TIPO JET FAN         | CHAPA DE ACERO GALVANIZADO   | J-7         |

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

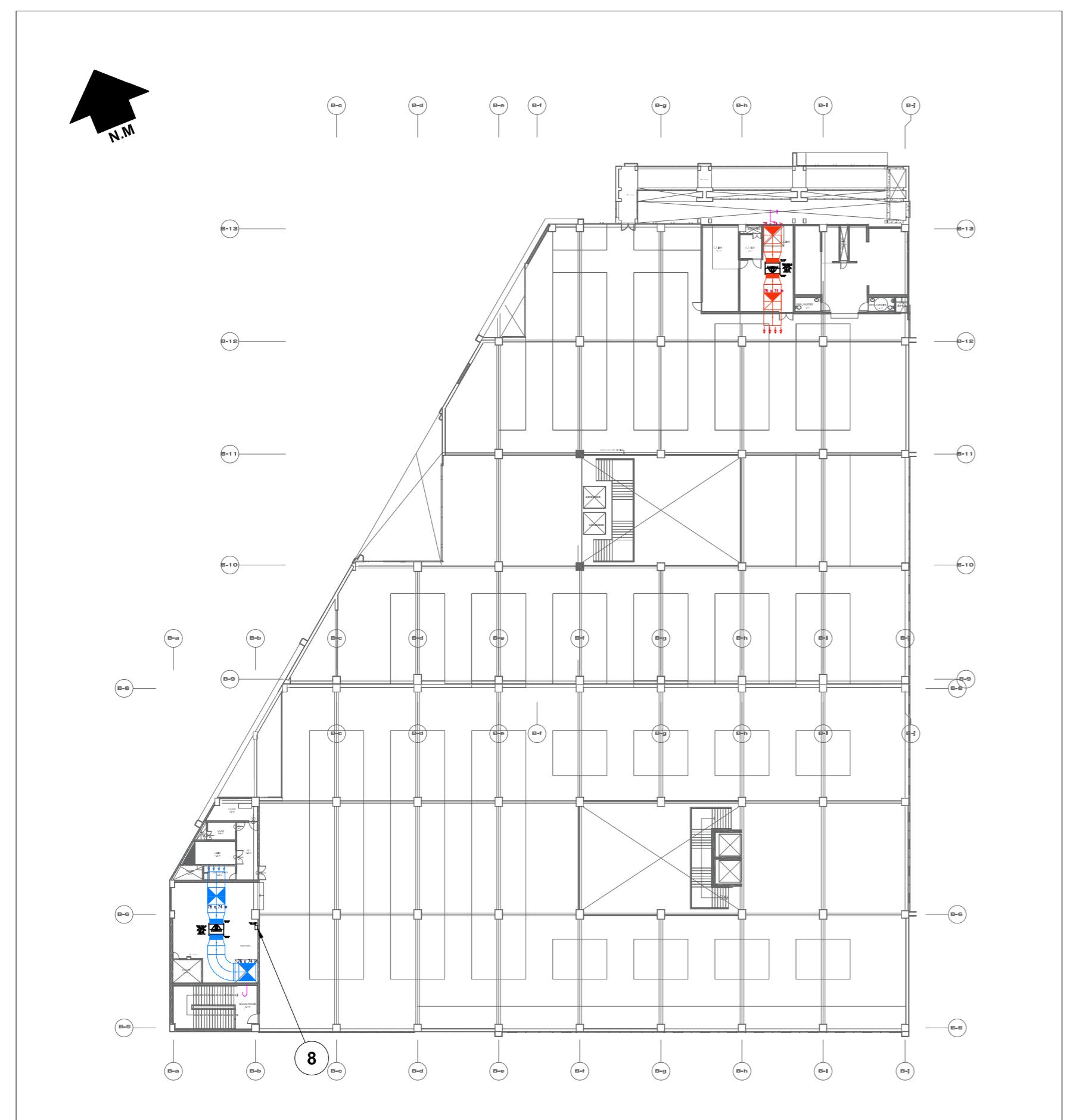
**ESPECIALIDAD:** INSTALACIONES MECÁNICA **TÍTULO:** "DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON JET FANS PARA CONTROLAR EL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL ESTACIONAMIENTO DEL CENTRO COMERCIAL HUANCARO - CUSCO - PERÚ

**ASESOR:** Ing. PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES **PLANO:** PLANO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN **ISO A**

**DISEÑADO POR:** Bachill. RUTH MERY VARGAS YUPANQUI **FECHA:** ENERO DEL 2024

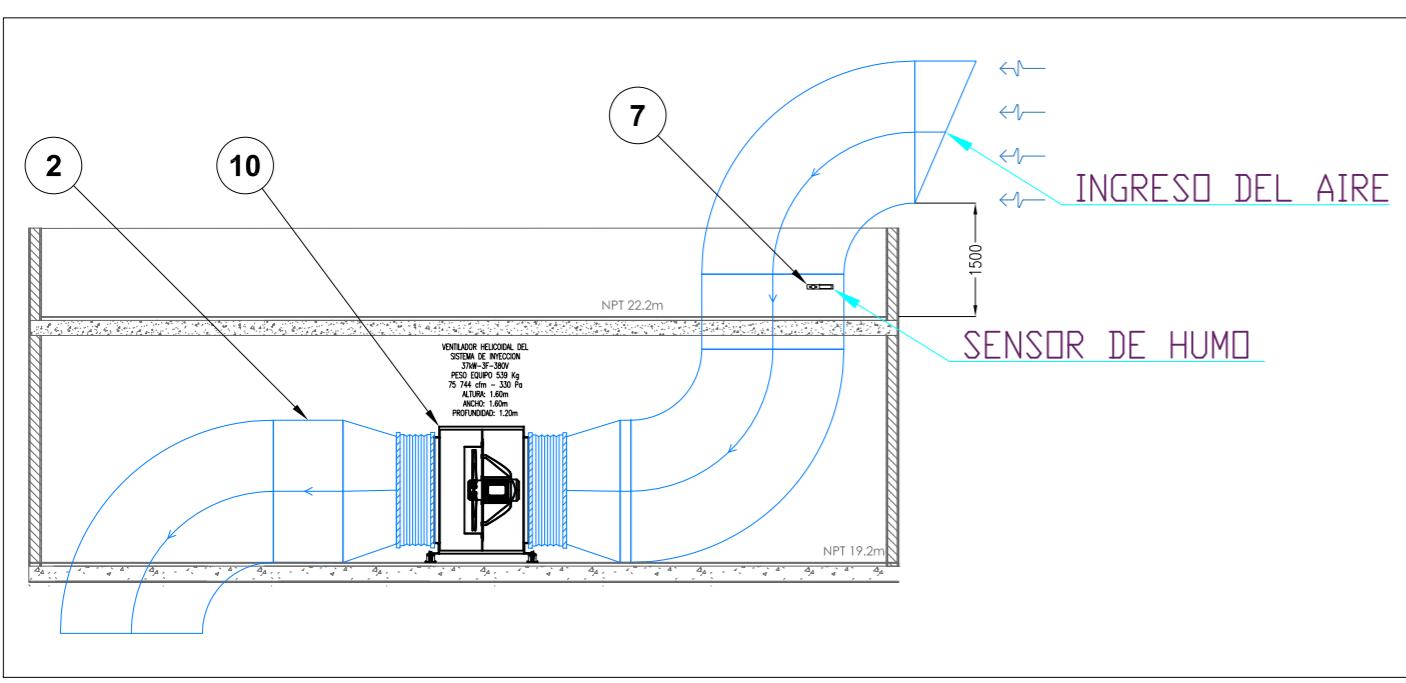
**MATERIAL:** VARIOS **HOJA:** 01-A1 **ESCALA:** S/E **FECHA:** ENERO DEL 2024

**UNIDADES:** mm **HOJA 1 DE 2**



PLANO DE UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS NPT +19.20

ESCALA 1:500



PLANO DE CUARTO DE MÁQUINAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN NPT +19.20