



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Proyecto de ventilación mecánica para la vivienda
multifamiliar José María Plaza, Jesús María, Lima**

INFORME PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Fernando VILLANUEVA VERGARAY

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Villanueva, F. (2022). *Proyecto de ventilación mecánica para la vivienda multifamiliar José María Plaza, Jesús María, Lima*. [Informe profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Fernando Villanueva Vergaray.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41716613
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4961-1817
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR ALEJANDRO QUISPE GONZALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10394420
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07136313
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	LOZANO PEDRO SANCHEZ CORTEZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10699870

Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.1. Energética
Grupo de investigación	
Agencia de financiamiento	PROPIA
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Jesús María Latitud: -12°4'12" Longitud: -77°2'43"
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021-2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

(Universidad del PERÚ, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DEL INFORME PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE TITULACIÓN M-4 - POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 10:00 a.m. del día sábado 24 de setiembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Dr. Ing. CÉSAR ALEJANDRO QUISPE GONZÁLES y con la asistencia de los miembros Dr. Ing. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA y el Dr. Ing. LOZANO PEDRO SÁNCHEZ CORTEZ, se dio inicio a la Sesión Pública Virtual de Sustentación del Informe Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-4 Por Experiencia Profesional, del Bachiller:

FERNANDO VILLANUEVA VERGARAY

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller FERNANDO VILLANUEVA VERGARAY, a realizar la Exposición del Informe Profesional titulado "PROYECTO DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA LA VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSÉ MARÍA PLAZA, JESÚS MARÍA, LIMA".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

Dieciséis 16

El Presidente del Jurado Dr. Ing. CÉSAR ALEJANDRO QUISPE GONZÁLES, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller FERNANDO VILLANUEVA VERGARAY Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 10:55 horas, del mismo día, se levantó la sesión.

Dr. Ing. CÉSAR ALEJANDRO QUISPE GONZÁLES
PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Ing. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA
MIEMBRO DEL JURADO

Dr. Ing. LOZANO PEDRO SÁNCHEZ CORTEZ
MIEMBRO DEL JURADO



Firmado digitalmente por LOZANO
BARTRA Whualkuer Enrique FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.09.2022 19:32:57 -05:00

DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

<https://us06web.zoom.us/j/85843320621?pwd=MmdkTVAxMTIIR1VCdThJZGxrOW4vdz09>

ID: ID de reunión: 858 4332 0621

Código de acceso: 072461

Grabación archivada en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1-RjblH5WcXuNjRezZWe-ZMoPLCMM_RNv/view?usp=sharing

Anexo 1

Informe de evaluación de Originalidad

1. Facultad de Ciencias Físicas
2. Escuela/Unidad de Posgrado
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos
3. Autoridad Académica que emite el informe de originalidad
El Director de la EPIMF
4. Apellidos y nombres de la autoridad académica
Sarango Julca Douglas Donal
5. Operador del programa Informático de similitudes
Dr. Ing. Douglas Sarango Julca
6. Documento evaluado (1)
"PROYECTO DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA LA VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSÉ MARÍA PLAZA, JESÚS MARÍA, LIMA"
7. Autor del documento (2)
FERNANDO VILLANUEVA VERGARAY
8. Fecha de recepción del documento 27/07/22
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 4/08/22
10. Software utilizado
 - Turnitin (X)
 - Ithenticate
 - Otro (especificar)
11. Configuración del programa detector de similitudes
 - Excluye textos entrecomillados
 - Incluye Bibliografía
 - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes³
6%
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas⁴
14. Observaciones
Ninguna
15. Calificación de originalidad
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones (X)
 - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
 - Documento no cumple criterios de originalidad
16. Fecha del Informe 10 /10 /22



Firmado digitalmente por SARANGO
JULCA Douglas Donal FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.10.2022 08:23:47 -05:00

DR. ING. Douglas Sarango Julca
DIRECTOR (e) DE LA EPIMF

1 Otro (especificar) Informe Profesional Modalidad de Titulación M-4

2 Apellidos y Nombres completos

3 En letras y números

4 Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

DEDICATORIA:

A Dios, mis padres, Marcelina y Rodolfo quienes siempre me apoyaron y confiaron en mí desde siempre y en mi formación profesional. También a mis hermanos Haydee, Bertha, Wilfredo y Verónica que siempre me alentaron a conseguir mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Marcelina Vergaray Estrada y Rodolfo Villanueva Echevarría:

Por su apoyo incondicional, inculcándome valores para mi crecimiento personal y poder cumplir mis metas en la vida y objetivos profesionales.

A mis hermanos Haydee, Bertha, Wilfredo y Verónica

Por su apoyo, comprensión y sugerencias constantes en todo momento.

A mi Madrina Gladys Ramos Villanueva:

Por su apoyo y confianza en mí desde pequeño y brindarme la oportunidad de seguir estudios profesionales.

A mis sobrinos Jesús, Donna, Matthew y Camila.

Por su constante apoyo, compañía y sus ocurrencias brindando alegría en todo momento.

A Harumi Dávalos:

Por su apoyo, confianza, alegría y ánimos para lograr mis objetivos en la vida.

A mi amigo Ing. Jesus Martín Estrada:

Por sus sugerencias, confianza y oportunidad de insertarme en el mercado laboral.

Al maestro Ing. Adolfo Carlos Lozada Pedraza:

Por sus clases magistrales en la carrera, y sus sugerencias para la elaboración del presente informe profesional.

Índice

Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. Introducción.....	11
II. Marco teórico.....	11
2.1. Ventilación	11
2.1.1. Funciones de la ventilación.....	11
2.1.2. Parámetros para una adecuada ventilación.....	12
2.1.3. Formas de ventilación.....	12
2.1.4. Sistemas de ventilación.....	14
2.1.5. Conceptos físicos	14
2.1.6. Ventilación en estacionamientos cerrados	20
2.1.7. Ventilación escaleras de evacuación.....	26
2.1.8. Diseño de ductos para ventilación y aire acondicionado	29
2.1.9. Ventiladores.....	36
2.1.10. Difusores y rejillas	38
2.1.11. Cálculo del número de Jet Fan-Método Soler y Palau	40
2.2. Glosario.....	41
III. Descripción de la actividad	43
3.1. Organización de la actividad (profesional a cargo)	43
3.2. Finalidad y objetivos de la actividad.....	43
3.3. Problemática.....	43
3.4. Alcance y limitaciones	44
3.5. Cursos relacionados al proyecto elaborado.....	44
3.6. Metodología y procedimientos	45
3.7. Resultados de la actividad.....	46
3.7.1. Cálculo de caudales, red de conductos y selección de ventiladores para los estacionamientos sótano 1, semisótano sistema de monóxido, cuarto de bombas y acopio	46
3.7.2. Cálculo de caudales, red de conductos y selección de ventiladores para los sistemas de vestíbulos previos.	54
3.7.3. Cálculo del caudal para cuarto de bombas y cuarto de acopio	60
3.7.4. Resumen de caudales y pérdida de presión.....	62
3.7.5. Cálculo de potencias de los ventiladores.....	62
3.7.6. Cálculo número de Jet Fan.....	63
IV. Conclusiones.....	65

V. Recomendaciones	65
VI. Bibliografía	67
VII. Anexos/Ilustraciones	69

Índice de tablas

Tabla 1. Tiempo promedio de entrada y salida de vehículos.....	23
Tabla 2. Emisiones de CO en estacionamiento cerrado.....	24
Tabla 3. Área de fugas típicas para paredes y pisos en edificios comerciales	29
Tabla 4. Unidades de ventilación	30
Tabla 5. Ductos rectangulares en función de diámetro y un lado	33
Tabla 6. Coeficiente “C”	34
Tabla 7. Coeficiente “C” para acoples en ventiladores	35
Tabla 8. Velocidades recomendadas	35
Tabla 9. Sistema de monóxido.....	62
Tabla 10. Sistema de vestíbulo	62
Tabla 11. Sistema de cuarto de bombas y acopio.....	62

Índice de figuras

Figura 1. Ventilación por depresión.....	13
Figura 2. Ventilación por sobrepresión.....	13
Figura 3. Ventilación por extracción y suministro	13
Figura 4. Disposición del manómetro para indicar la presión estática, dinámica y total	16
Figura 5. Ecuación de la energía de flujo en un ducto.....	17
Figura 6. Diagrama de Moody.....	19
Figura 7. Emisiones de un vehículo	21
Figura 8. Requerimiento de ventilación para estacionamientos cerrados.....	22
Figura 9. Escalera con vestíbulo previo	26
Figura 10. Pérdida de fricción en ductos en Sistema Inglés.....	31
Figura 11. Ventilador centrífugo.....	36
Figura 12. Ventilador de aspas axiales	37
Figura 13. Tipos de aspas del impulsor de los ventiladores centrífugos.....	37
Figura 14. Rejilla tipo parrilla o registro.....	38
Figura 15. Difusores de cielo raso.....	39
Figura 16. Difusores tipo ranura.....	39
Figura 17. Longitud media del recorrido del aire	40
Figura 18. Coeficiente de pérdidas, codos	70
Figura 19. Coeficientes de pérdida para transiciones (flujos divergentes).....	71
Figura 20. Coeficientes de pérdida en transiciones (flujos convergentes).....	72
Figura 21. Coeficientes de pérdida, uniones convergentes.....	74
Figura 22. Coeficientes de pérdida, uniones divergentes.....	76
Figura 23. Planta Sótano y Cuarto de bombas, y cisterna	77
Figura 24. Planta Semisótano.....	78
Figura 25. Planta Primer piso.....	79
Figura 26. Planta Típica 2° al 13° piso	80

Figura 27. Planta Azotea	81
Figura 28. Planta Techos.....	82
Figura 29. Corte A	83
Figura 30. Planta Tablas, Notas, Detalles y Leyenda.....	84

Resumen

En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se detalla el diseño y cálculo del Proyecto de Ventilación Mecánica para la Vivienda Multifamiliar José María Plaza, realizado en la empresa COINREFRI AIR SAC durante los meses de noviembre de 2021 y enero de 2022, el cual se originó con el fin de otorgar un sistema de ventilación que renueve el aire dentro de los ambientes de la edificación en estudio. Los cálculos de los caudales se realizaron siguiendo los métodos indicados por el Reglamento Nacional de Edificaciones para brindar seguridad y salubridad de las personas residentes de la edificación. Como resultados se obtuvo que para el sistema de extracción de monóxido del estacionamiento del sótano 1 el caudal de mayor valor fue 4 620 cfm, y para el del semisótano fue de 4 414 cfm. En cuanto al sistema de ventilación de vestíbulo previo, el caudal para la inyección y extracción de aire fue de 377 cfm y de 566 cfm, respectivamente. Asimismo, el caudal para el cajón de la escalera fue de 4 390 cfm. Finalmente, para el cuarto de acopio el caudal fue de 1 575 cfm y para el cuarto de bombas de 220 cfm.

Palabras clave: ventilación mecánica, vivienda multifamiliar, renovación de aire, caudal de ventilación, salubridad.

Abstract

This Professional Sufficiency Work details the design and calculation of the Mechanical Ventilation Project for “José María Plaza” Multifamily Housing, carried out in the company COINREFRI AIR SAC during the months of November 2021 and January 2022, which originated with in order to provide a ventilation system that renews the air within the environments of the building under study. The calculations of the flows were made following the methods indicated by the National Building Regulations to provide safety and health for the residents of the building. As a result, it was obtained that for the monoxide extraction system in the parking lot of basement 1, the highest flow rate was 4,620 cfm, and for the semi-basement it was 4,414 cfm. As for the previous vestibule ventilation system, the flow rates for air injection and extraction were 377 cfm and 566 cfm, respectively. Also, the flow rate for the stairwell was 4,390 cfm. Finally, for the storage room the flow rate was 1,575 cfm and for the pump room it was 220 cfm.

Keywords: mechanical ventilation, multifamily housing, air renewal, ventilation flow, health.

I. Introducción

El presente informe se desarrolla con la finalidad de detallar el cálculo y diseño del Proyecto de Ventilación Mecánica para la Vivienda Multifamiliar José María Plaza, del distrito de Jesús María en la ciudad de Lima. El desarrollo del diseño y cálculo del sistema de ventilación mecánica se realiza con el objeto de brindar una renovación de aire adecuada a los ambientes de la edificación, de manera que se evite una posterior concentración de contaminantes, así como el surgimiento de posibles incendios que afecten a la seguridad, salud e higiene de los futuros residentes. Por otra parte, este paso es requisito solicitado por la municipalidad para la posterior ejecución del proyecto en mención.

El sistema de ventilación mecánica propuesto para la edificación contiene a los sistemas de extracción de monóxido, sistema de vestíbulo previo ventilado y sistema de ventilación de cuarto de bombas y de acopio. Considerando ello, los métodos aplicados para el cálculo de caudales dependieron de cada sistema. Entre los métodos utilizados se encuentran ASHRAE RP-945 y el del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En tal sentido, el informe precisa inicialmente los conceptos, teorías, ecuaciones y métodos en las cuales se basaron los cálculos para el sistema de ventilación mecánica, así como el propósito, el problema, el alcance, las limitaciones, los procedimientos y resultados de lo desarrollado. Con ello, finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegó así como las recomendaciones para posteriores trabajos.

II. Marco teórico

2.1. Ventilación

La ventilación es la renovación de aire parcial o total de un ambiente cerrado que se considera indeseable, siendo reemplazado por otra para mejorar la pureza, temperatura, humedad, etc. (Carnicer, 2001).

2.1.1. Funciones de la ventilación

- a. La ventilación en los seres vivos como personas: es importante para sus funciones vitales porque proporciona oxígeno para la respiración, también controla el calor que permite las condiciones de confort, produciéndose cambios de temperatura, humedad y velocidad de aire (Soler & Palau, 2020).
- b. La ventilación en máquinas y procesos industriales: ayuda a manejar el calor, el aire viciado e incluso reducir el riesgo de explosión. Garantizando

la salud de las personas que se encuentren en esos ambientes cerrados (Soler & Palau, 2020).

2.1.2. Parámetros para una adecuada ventilación

- a. Determinar la aplicación que se va a realizar (eliminar calor, aire tóxico, dilución de gases, inyección de aire para ambientes con presión positiva, entre otros).
- b. Calcular el caudal necesario para la aplicación a realizar.
- c. Establecer la dirección del movimiento de aire.
- d. Definir si se realizará mediante ventilación natural, mecánica o mixta (Soler & Palau, 2020).

2.1.3. Formas de ventilación

La ventilación se puede llevar a cabo de las siguientes formas:

- a. Extrayendo el aire viciado del ambiente

Este sistema es el más utilizado, y consiste en disponer extractores de aire en lugares estratégicos, con el fin de aspirar el aire viciado del interior. Esto sucede porque se produce una depresión en la entrada del extractor, propinando que el aire del interior del local sea arrastrado a través del extractor para luego sea expulsado al exterior (Carnicer, 2001).

Para que exista corrientes de aire del local hacia el exterior se debe disponer de aberturas para el ingreso de aire. Estas pueden ser ventanas, puertas o rejillas (Carnicer, 2001).

- b. Suministrando aire limpio al ambiente

Este método consiste en hacer ingresar aire limpio del exterior mediante los ventiladores-inyectores hacia el local, creando una presión positiva respecto a sus alrededores, forzando el aire dentro del local a ser expulsado fuera del mismo, e impidiendo el ingreso de aire exterior mediante otro mecanismo que no sea por los ventiladores (Carnicer, 2001).

Una de las ventajas de la impulsión de aire es que se puede instalar filtros cerca al ventilador para evitar el ingreso de partículas contaminantes al local.

- c. Extrayendo y suministrando aire a un mismo ambiente de manera conjunta

Se realiza la extracción para retirar el aire viciado del ambiente y el suministro para ingresar aire limpio al ambiente, de tal manera que se

produzca depresión cerca a los extractores y sobrepresión en los inyectores (Carnicer, 2001).

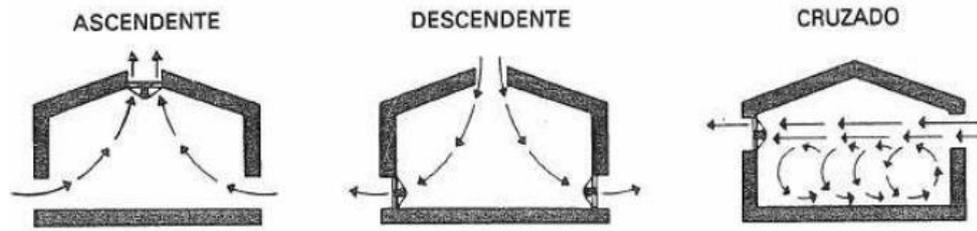


Figura 1. Ventilación por depresión

Nota. Tomado de Ventilación Industrial, por Enrique Carnicer (2001)

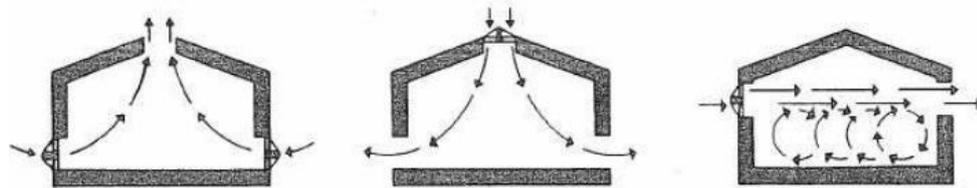


Figura 2. Ventilación por sobrepresión

Nota. Tomado de Ventilación Industrial, por Enrique Carnicer (2001)

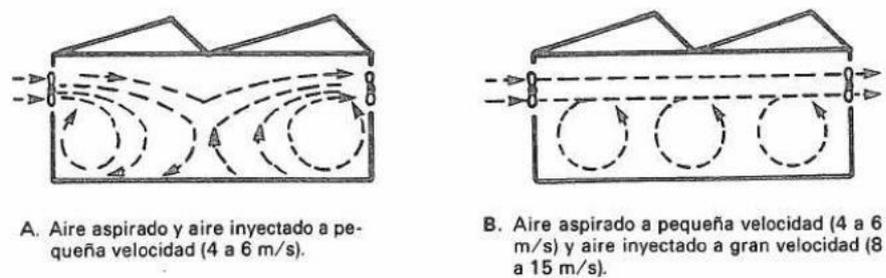


Figura 3. Ventilación por extracción y suministro

Nota. Tomado de Ventilación Industrial, por Enrique Carnicer (2001)

2.1.4. Sistemas de ventilación

Esencialmente son de tres maneras:

a. Ventilación natural

Este sistema se realiza mediante la fuerza del viento y los cambios de temperatura, provocando el movimiento de aire dentro de los locales a través de aberturas o rendijas (Carnicer, 2001).

Los principales factores que ocasionan la ventilación natural son los siguientes:

- Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior
- Variación de presión
- Movimiento del aire
- Diferencia de altura (Carnicer, 2001)

b. Ventilación mecánica

Se utiliza cuando la ventilación natural es insuficiente o es imposible de aplicar. La ventilación mecánica se realiza por medio de ventiladores y/o extractores que se pueden instalar de forma individual o por medio de una red de ductos y rejillas fabricados de diferentes materiales (Carnicer, 2001).

c. Ventilación mixta

Este sistema consiste en el ingreso o salida de aire mediante ventiladores mecánicos y otro ingreso o salida de aire en forma natural (Carnicer, 2001).

2.1.5. Conceptos físicos

2.1.5.1. Presión

La presión es la fuerza que se ejerce por unidad de área (Pita, 1994) y se expresa en forma matemática de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde:

$$P: \text{Presión} \left(\frac{N}{m^2}, \frac{Lb}{in^2} \right)$$

F : Fuerza (N, Lb)

A : Área (m^2 , in^2)

Si la fuerza se mide en Newton (N) y el área en metros cuadrados (m^2), la unidad de presión sería N/m^2 conocido como pascal (Pa). Asimismo, si la fuerza se mide en libras (Lb) y el área en pulgadas cuadradas, la unidad de presión sería Lb/in^2 , conocido como (psi) (Pita, 1994).

Existen tres clases de presiones:

- Presión estática (H_s): Es la presión que se ejerce en todos los sentidos y direcciones en el conducto sin importar la dirección de la velocidad. Si el valor es mayor que la presión atmosférica, es positiva; si es menor a la atmosférica es negativa (Pita, 1994).
- Presión dinámica (H_v): Es la presión debida a la velocidad de aire, a su vez es la transformación de la energía cinética en energía de presión. Esta presión es positiva y siempre se encuentra en la dirección de la velocidad (Pita, 1994). Este tipo de presión viene expresada por la siguiente ecuación.

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Donde:

P_v : presión dinámica (m, pies)

V : Velocidad ($\frac{m}{s}$, $\frac{pies}{s}$)

g : Área ($9.8 \frac{m}{s^2}$, $32.2 \frac{pies}{s^2}$)

Si se quiere expresar la P_d en Pulgadas de agua, la ecuación (2) se reduce a:

$$H_v = \left(\frac{v}{4005} \right)^2 \quad (3)$$

Donde:

H_v : presión dinámica (pulgadas de agua)

V : Velocidad $\frac{pies}{min}$

- Presión total (H_t): Se debe a la compresión del aire y su movimiento. Es la suma de la presión estática y la presión dinámica (Pita, 1994), y se representa por la siguiente ecuación:

$$H_t = H_s + H_v \quad (4)$$

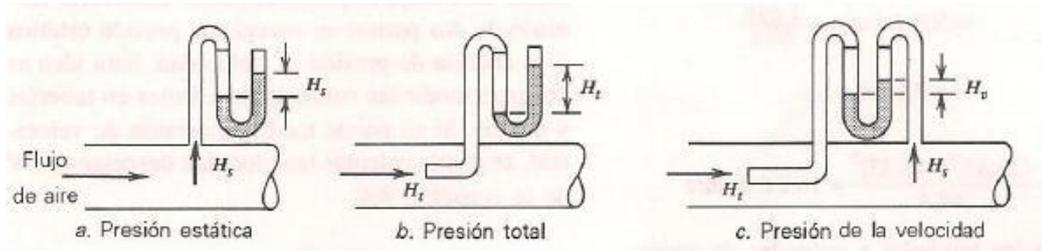


Figura 4. Disposición del manómetro para indicar la presión estática, dinámica y total

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G.Pita (1994)

2.1.5.2. Ecuación de continuidad

Es la cantidad de fluido que se mueve a través de un área por unidad de tiempo (Mott & Untener, 2015), la cual se expresa de la siguiente forma:

$$Q = V \cdot A \quad (5)$$

Donde:

$$Q: \text{Caudal} \left(\frac{m^3}{s}, \frac{pie^3}{min} \right)$$

$$V: \text{Velocidad} \left(\frac{m}{s}, \frac{pies}{min} \right)$$

$$A: \text{Área} (m^2, pie^2)$$

2.1.5.3. Ecuación de la energía de flujo

Se utiliza para aplicar el principio de balance energía entre los puntos 1 y 2 en un ducto (Pita, 1994), y se expresa de la siguiente manera:

$$E_1 + E_{ag} - E_{per} = E_2 \quad (6)$$

Acomodando:

$$E_1 + E_{ag} = E_2 + E_{per} \quad (7)$$

Donde:

E_1, E_2 : Energía almacenada de fluido en los puntos 1 y 2

E_1 : Energía adicionada al fluido entre los puntos 1 y 2

E_1 : Energía perdida por el fluido entre los puntos 1 y 2

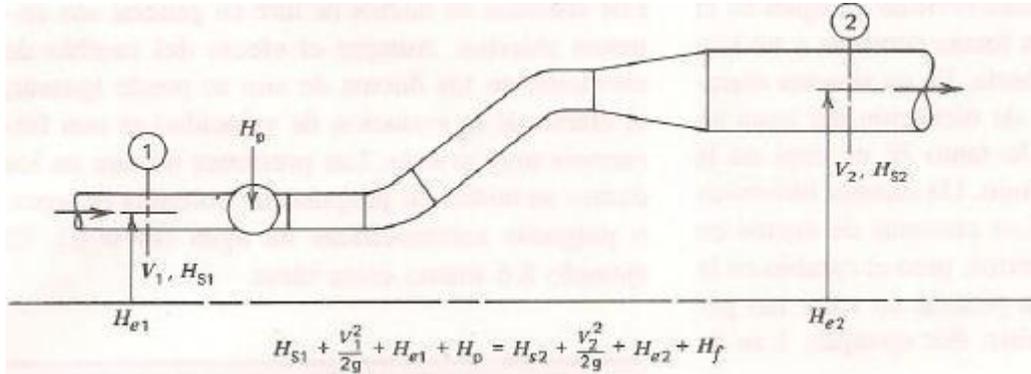


Figura 5. Ecuación de la energía de flujo en un ducto

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G.Pita (1994)

a. Ecuación de energía de flujo o Ecuación generalizada de Bernoulli

$$\overbrace{H_{s1} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{e1}}^{E_1} + \overbrace{H_p}^{E_{ag}} = \overbrace{H_{s2} + \frac{V_2^2}{2g} + H_{e2}}^{E_2} + \overbrace{H_f}^{E_{per}} \quad (8)$$

Donde:

H_s : Presión estática del fluido (pies)

V : Velocidad $\left(\frac{\text{pies}}{\text{s}}\right)$

g : Gravedad $\left(9.8 \frac{\text{pies}}{\text{s}^2}\right)$

$\frac{V^2}{2g}$: Presión dinámica (pies)

H_e : Altura de elevación (pies)

H_p : Altura agregada por la bomba o el ventilador (pies)

H_f : Pérdida por fricción en la tubería o ducto (pies)

2.1.5.4. Ecuación de Darcy-Weisbasch

Esta ecuación ayuda a calcular la pérdida en un ducto o tubería debido a la fricción. El flujo que se maneja en los sistemas de aire acondicionado, ventilación y calefacción es normalmente turbulento (Mott & Untener, 2015). La caída de presión como consecuencia de la fricción viene dada por la siguiente ecuación.

$$H_{f-l} = f \frac{L}{D_h} \frac{V^2}{2g} \quad (9)$$

Donde:

H_f : pérdida de presión debida a la fricción (pies)

f: coeficiente de fricción

L: Longitud de tubería (pies)

V: Velocidad del fluido (pies/s)

D_h : Diámetro hidráulico (pies)

g: Gravedad (32.2 pies/s²)

2.1.5.5. Ecuación de Colebrook-White

Esta ecuación ayuda a calcular el factor de fricción (f) debido que este es una variable implícita que se debe calcular con métodos iterativos (Mott & Untener, 2015).

$$\frac{1}{f} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 D_h} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (10)$$

Donde:

f: factor de fricción

ε : Coeficiente de rugosidad (pies)

D: Diámetro hidráulico (pies)

Re: Número de Reynolds

2.1.5.6. Diagrama de Moody

Ayuda a calcular el factor de fricción (f) mediante un gráfico, conociendo el número de Reynolds y su rugosidad relativa $\frac{\epsilon}{D_h}$ (Mott & Untener, 2015)

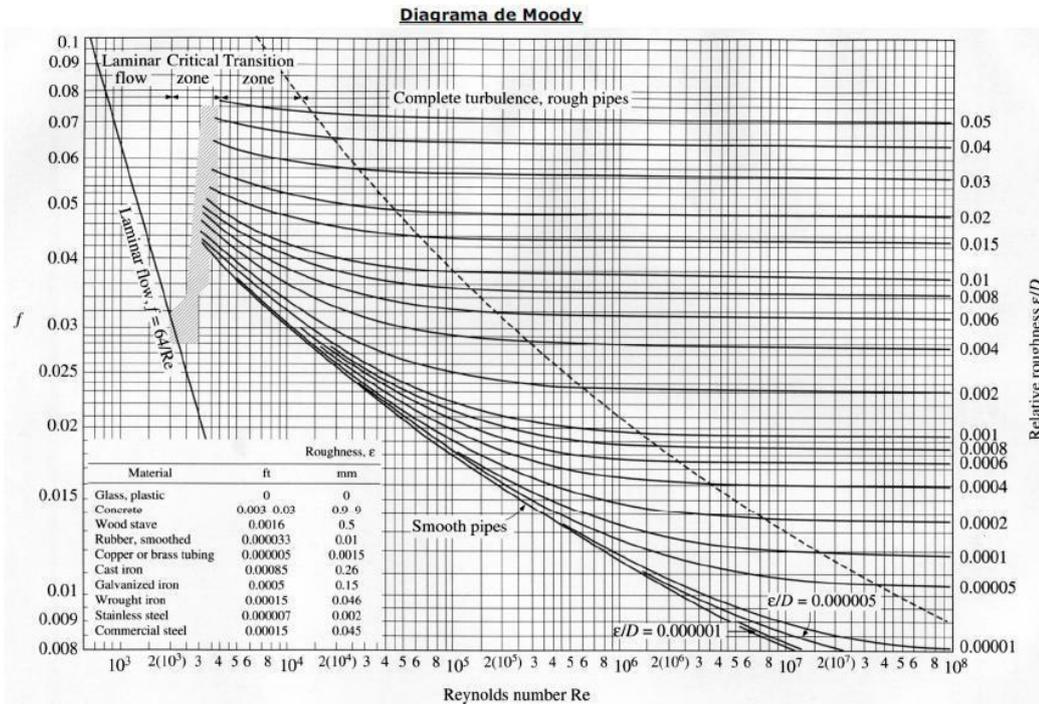


Figura 6. Diagrama de Moody

Nota. Tomado de Cengel y Cimbala (2012)

2.1.5.7. Resistencia a los fluidos

Referida también como las pérdidas en los sistemas de conductos es la transformación de la energía mecánica en calor. Estas son de dos tipos: pérdidas de fricción longitudinal y pérdidas de fricción dinámica (Mott & Untener, 2015).

a. Pérdidas de fricción longitudinal

También conocido como pérdida primaria, es el conjunto de pérdidas debido a la fricción del fluido con las paredes del ducto o tubería (Mott & Untener, 2015).

$$H_{f-l} = f \frac{L}{D_h} \frac{V^2}{2g} \quad (11)$$

Donde:

H_f : pérdida de presión debida a la fricción (pies)

f: coeficiente de fricción

L: Longitud de tubería (pies)

V: Velocidad del fluido (pies/s)

D_h: Diámetro hidráulico (pies)

g: Gravedad (32.2 pies/s²)

b. Pérdidas dinámicas

También conocidas como pérdidas secundarias, locales o menores. Se produce debido a los cambios bruscos de velocidad y dirección del flujo en un ducto o tubería (Mott & Untener, 2015).

$$H_{f-v} = C \frac{v^2}{2g} \quad (12)$$

Donde:

H_{f-v} : presión dinámica (m, pies)

C: Coeficiente de pérdidas.

g: Gravedad (9.8 m/s², 32.2 pies/s²)

$$H_{f-v} = C \left(\frac{v}{4005} \right)^2 \quad (13)$$

Donde:

H_{f-v} : presión dinámica (pulgadas de agua)

C: Coeficiente de pérdidas.

V: Velocidad $\frac{\text{pies}}{\text{min}}$

2.1.6. Ventilación en estacionamientos cerrados

El sistema de ventilación en estacionamientos tiene como objetivo principal la reducción de monóxido de carbono (CO) en concentraciones nocivas para las personas, también la dilución de otros vapores de gasolinas y aceites que pueden ocasionar dolores de cabeza, náuseas, y riesgos potenciales de incendios. En resumen, la función principal de un sistema de ventilación

mecánica de estacionamientos es mantener la salubridad de las personas y reducir el riesgo de incendio.

Se ha demostrado que la tasa necesaria para diluir el CO es suficiente para reducir los otros contaminantes (Salvador Escoda S.A., 2002).

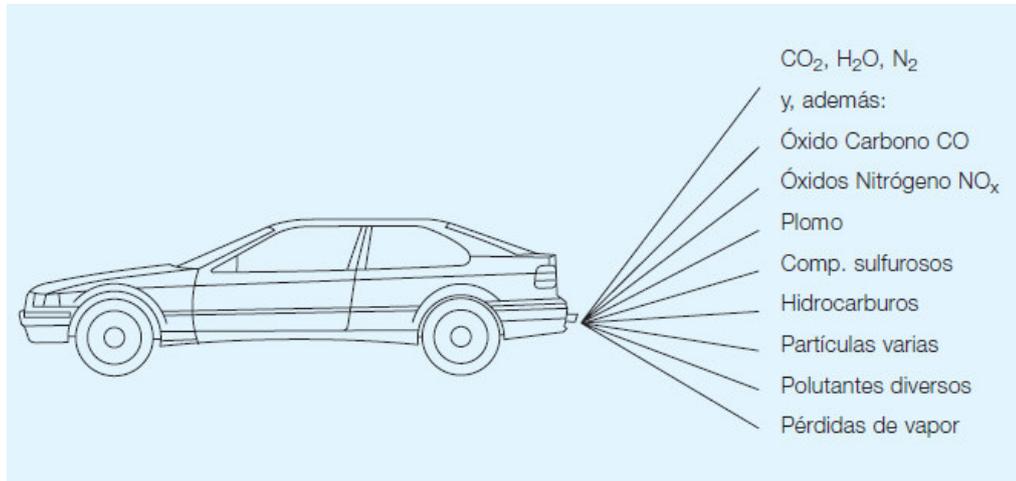


Figura 7. Emisiones de un vehículo

Nota. Tomado de Manual Práctico de Ventilación, por Salvador Escoda (2002)

2.1.6.1. Requisitos para el diseño de la ventilación

Esta sección se enfoca principalmente en calcular el caudal de ventilación necesario para la dilución del monóxido de carbono, siendo tres los principales métodos.

a. Método ASHRAE RP-945

Según este método el caudal o tasa necesaria para la ventilación de estacionamientos cerrados depende de cuatro factores:

i. Concentración aceptable de contaminantes en el estacionamiento

ACGIH (1998) recomienda una concentración de CO máxima de 25 partes por millón (ppm) en una exposición de 8 horas.

En los EE.UU. determinaron que cerca al nivel del mar una exposición de 35 ppm de hasta una hora, es aceptable. Para estacionamientos por encima de 1066 msnm se requiere de concentraciones más estrictas (ASHRAE, 2019).

En Europa se mantiene una concentración entre 35ppm hasta 200ppm en los estacionamientos (ASHRAE, 2019).

Varios países difieren en un nivel aceptable de concentración de CO, pero una solución razonable es de 35ppm para una exposición de una hora, y de 25ppm para una exposición de ocho horas.

En las siguientes gráficas-nomogramas se muestran las concentraciones de 15ppm, 25ppm y 35ppm (ASHRAE, 2019).

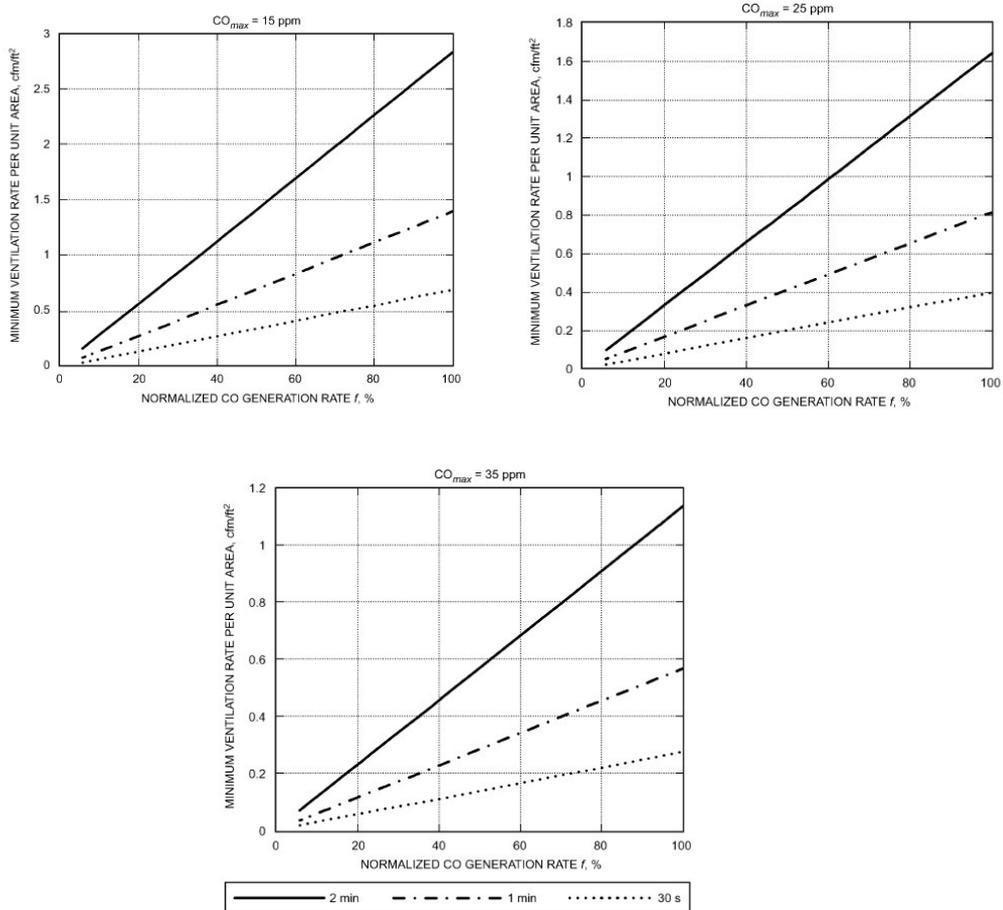


Figura 8. Requerimiento de ventilación para estacionamientos cerrados
Nota. Tomado de Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications, por ASHRAE (2019)

- ii. Número de vehículos en funcionamiento durante la hora de máximo movimiento

El número de vehículos en funcionamiento depende de la instalación. Para el caso de viviendas y edificios comerciales varía entre 3 a 5% de la capacidad total del estacionamiento. En instalaciones deportivas y aeropuertos puede llegar de 15 a 20% de la capacidad total.

- iii. Tiempo de funcionamiento del vehículo en el estacionamiento

El tiempo de funcionamiento de un vehículo en estacionamiento depende de la función y arquitectura, y de la transitabilidad de los vehículos que quieren entrar o salir del estacionamiento. Normalmente puede variar entre 60 a 600 segundos, pero en promedio es de 60 a 180 segundos. En la tabla 1 se muestra los tiempos aproximados de entrada y salida de vehículos, estos deben ajustarse a la realidad de la instalación.

Tabla 1

Tiempo promedio de entrada y salida de vehículos

Nivel	Tiempo promedio en el ingreso, s	Tiempo promedio en la salida, s
1	35	45
3(a)	40	50
5	70	100

(a) tiempo de paso promedio=30 s.

Nota. Tomado de Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications, por ASHRAE (2019)

- iv. Tasa de emisión de monóxido en diversas condiciones

Normalmente un vehículo cuando ingresa al estacionamiento es a velocidad baja pero el motor se encuentra caliente, y cuando el vehículo sale del estacionamiento el motor está frío, así el vehículo viaja a velocidad lenta con una rica mezcla de combustible. Por eso para un arranque frío las emisiones son más altas. Respecto a ello, debe haber una distinción entre frío y caliente, porque determina la ventilación necesaria para la dilución del gas contaminante (ASHRAE, 2019).

En la tabla se muestra la emisión de monóxido en frío y caliente en estacionamientos.

Tabla 2

Emisiones de CO en estacionamiento cerrado

Estación	Emisión en caliente (Estabilizado)		Emisión en frío	
	Lb/h		Lb/h	
	1991	1996	1991	1996
Verano, 90°F	0.336	0.250	0.565	0.484
Invierno, 32° F	0.478	0.447	2.744	2.508

Nota: Asumiendo la velocidad del vehículo es 5mph.

Nota. Tomado de Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications, por ASHRAE (2019)

- b. Metodología de diseño para calcular el caudal de ventilación en un estacionamiento-ASHRAE (2019)

Se detalla los pasos para calcular el caudal:

- i. Recolectar los siguientes datos:
 - Número de vehículos N en funcionamiento durante la hora de máximo movimiento.
 - Tasa de emisión de CO promedio (E) para un vehículo, Lb/h.
 - Tiempo promedio θ de funcionamiento en el estacionamiento, segundos.
 - Concentración máxima admisible CO_{max} en el estacionamiento, ppm.
 - Área total del estacionamiento A_f incluido la circulación para los peatones, pies².
- ii. Calcular la tasa de generación de monóxido:
 - Calcular la tasa máxima de generación de monóxido por unidad de área G (Lb/h-pie²).

$$G = NE/A_f \quad (14)$$
 - Normalizar la tasa de emisión de CO utilizando el valor $G_0=5.46 \times 10^{-3}$, este valor se basa en un estacionamiento real.

$$f = 100 G/G_0 \quad (15)$$
 - Calcular el mínimo caudal Q (cfm) requerido para la ventilación del estacionamiento.

$$Q = Cf\theta A_f \quad (16)$$

Donde:

$$C = 2.370 \times 10^{-4} \text{ cfm} / \text{pie}^2 \cdot s \quad \text{Para: } CO_{max} = 15\text{ppm}$$

$$C = 1.363 \times 10^{-4} \text{ cfm} / \text{pie}^2 \cdot s \quad \text{Para: } CO_{max} = 25\text{ppm}$$

$$C = 0.948 \times 10^{-4} \text{ cfm} / \text{pie}^2 \cdot s \quad \text{Para: } CO_{max} = 35\text{ppm}$$

- c. Metodología de diseño para calcular el caudal de ventilación en un estacionamiento-Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma Técnica EM030, ítem 14.9.1)

Se debe considerar los siguientes aspectos:

- i. Una renovación de aire cada 12 minutos (cinco renovaciones en una hora)

$$5 \frac{\text{renovaciones}}{\text{hora}} = \frac{5 \text{ renovaciones}}{60 \text{ minuto}}$$

$$Q = \frac{5A_f \cdot h}{60} \quad (17)$$

Donde:

Q: Caudal de ventilación (cfm)

A_f: Área total de estacionamiento incluido la circulación para los peatones (pies²)

H: Altura del estacionamiento (pies)

- ii. Una renovación de aire cada 12m³/h-m²

$$12 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2} = \frac{250}{381} \cdot \frac{\text{pie}^3}{\text{min} \cdot \text{pie}^2}$$

$$Q = \frac{250}{381} \cdot A_f \quad (18)$$

Donde:

Q: Caudal de ventilación (cfm)

A_f: Área total de estacionamiento incluido la circulación para los peatones (pies²)

2.1.7. Ventilación escaleras de evacuación

Una escalera de evacuación es un lugar seguro protegido con resistencia al fuego y prueba de humo. Tiene como objetivo salvaguardar la vida de las personas ante un siniestro como un sismo o incendio (Norma Técnica A.010, artículo 25, 2021).

2.1.7.1. Con vestíbulo previo ventilado

Estas presentan un espacio entre el pasadizo y la caja de la escalera.

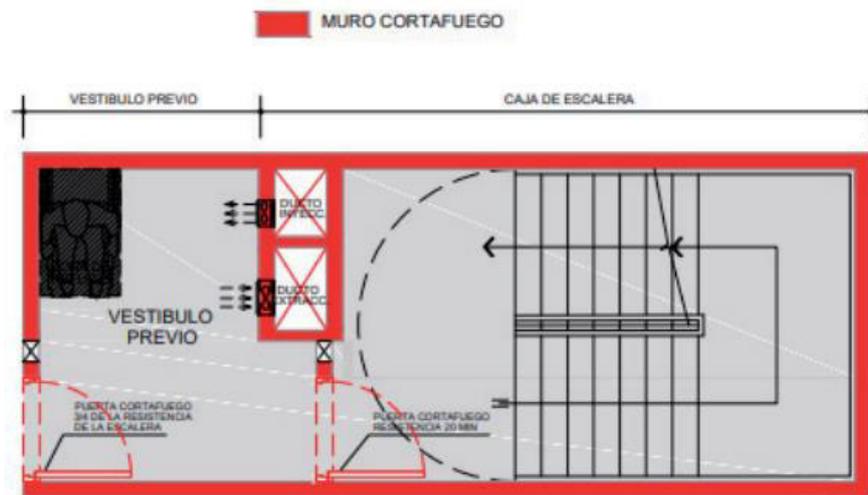


Figura 9. Escalera con vestíbulo previo

Nota. Tomado de Norma Técnica A.010 (2021)

- a. Características de diseño para la ventilación mecánica de una escalera con vestíbulo previo ventilado-NFPA 101 (2018), incisos 7.2.3.8.2, 7.2.3.8.3 y 7.2.3.8.3 y RNE (2021)
 1. El vestíbulo previo debe tener como mínimo una renovación de aire por minuto.

$$Q_i = 60 \cdot A_v \cdot h_v \quad (19)$$

Donde:

Q_i : Caudal de suministro para el vestíbulo (m^3/h)

A_v : Área de piso del vestíbulo (m^2)

H_v : Altura del vestíbulo (m)

En cfm la ecuación (19) se expresa de la siguiente manera:

$$Q_i = \frac{60}{1.7} \cdot A_v \cdot h_v \quad (20)$$

Donde:

Q_i : Caudal de suministro para el vestíbulo (cfm)

A_v : Área de piso del vestíbulo (m²)

H_v : Altura del vestíbulo (m)

2. El vestíbulo previo debe tener una extracción 150% de la inyección

$$Q_e = 90 \cdot A_v \cdot h_v \quad (21)$$

Donde:

Q_e : Caudal de suministro para el vestíbulo (m³/h)

A_v : área de piso del vestíbulo (m²)

H_v : Altura del vestíbulo (m)

En cfm la ecuación (21) se expresa de la siguiente manera:

$$Q_e = \frac{90}{1.7} \cdot A_v \cdot h_v \quad (22)$$

Donde:

Q_e : Caudal de suministro para el vestíbulo (cfm)

A_v : área de piso del vestíbulo (m²)

H_v : Altura del vestíbulo (m)

3. En la parte de superior del cajón de la escalera debe colocarse una rejilla con dámper de alivio con un caudal de como mínimo 70.80m³/min (2500cfm), manteniendo una presión mínima de 0.00025bar (0.10 pulgadas de agua) en el cajón de la escalera con todas las puertas cerradas.
4. La rejilla para el ingreso de aire en el vestíbulo debe ubicarse a no más de 0.15m (6pulgadas) del piso.
5. La rejilla de extracción de aire en el vestíbulo debe ubicarse a no más de 0.15m (6pulgadas) del techo.
6. No se requiere tener vestíbulo en la primera planta del edificio.

b. Caudal de presurización para escaleras presurizadas a puertas cerradas

La diferencia de presión entre la escalera y el edificio (ASHRAE, 2009) se puede expresar como:

$$\Delta P_{sb} = \Delta P_{sbb} + \frac{By}{1 + \left(\frac{A_{sb}}{A_{bo}}\right)^2} \quad (23)$$

Donde:

ΔP_{sbb} : Diferencia entre de presión entre la caja de la escalera y el edificio, en la parte inferior.

B =Diferencia de presión del eje del edificio al exterior

$$B = 7.64 \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s} \right) \quad (24)$$

y : Distancia medida sobre la base de la escalera (pies)

A_{sb} : Área de flujo entre el cajón de la escalera y el edificio por piso (pies²)

A_{bo} : Área de flujo entre el edificio y el exterior por piso (pies²)

T_o : Temperatura de aire exterior °R

T_s : Temperatura de aire en el cajón de la escalera °R

Para una escalera sin fugas directamente al exterior, el caudal de presurización a puertas cerradas está dada por:

$$Q = 1740N A_{sb} \left(\frac{\Delta P_{sbt}^{3/2} - \Delta P_{sbb}^{3/2}}{\Delta P_{sbt} - \Delta P_{sbb}} \right) \quad (25)$$

Donde:

Q : Caudal de la escalera a puertas cerradas (pies³/min)

N : Número de pisos del edificio (pies)

ΔP_{sbt} : Diferencia de presión entre el cajón de la escalera y el edificio, en la parte superior (pulg H₂O)

Tabla 3

Área de fugas típicas para paredes y pisos en edificios comerciales

Elemento de construcción	Confinado de paredes	Relación de área
		A/Aw
Paredes exteriores del edificio (incluye grietas en la construcción y contorno de puertas y ventanas)	Confinado	0.50×10^{-4}
	Promedio	0.17×10^{-3}
	Suelto	0.35×10^{-3}
	Muy suelto	0.12×10^{-2}
Paredes del cajón de la escalera (incluye grietas de construcción pero no grietas alrededor de ventanas o puertas)	Confinado	0.14×10^{-4}
	Promedio	0.11×10^{-3}
	Suelto	0.35×10^{-3}
Paredes del cajón de la escalera (incluye grietas en la construcción pero no grietas alrededor de las puertas)	Confinado	0.18×10^{-3}
	Promedio	0.84×10^{-3}
	Suelto	0.18×10^{-2}
		A/Af
Pisos (incluye grietas en la construcción y espacios alrededor de las penetraciones)	Confinado	0.66×10^{-5}
	Promedio	0.52×10^{-4}
	Suelto	0.17×10^{-3}

A= área de fuga; Aw= área de pared; Af=área de piso

Áreas de fuga evaluadas a 0.30 pulg H₂O a 0.10 pulg H₂O

Nota. Tomado de Heating Ventilation and Air Conditioning Applications, por ASHRAE (2009)

2.1.8. Diseño de ductos para ventilación y aire acondicionado

Consiste en describir los elementos de un sistema de distribución de aire utilizado para la ventilación o el acondicionamiento de aire (Mott & Untener, 2015). Los pasos para el diseño son los siguientes:

- i. Calcular las pérdidas de energía en los conductos, teniendo en cuenta los ductos rectos, derivaciones y acoplamientos.
- ii. Seleccionar los diámetros de los conductos circulares y su equivalente rectangular.
- iii. Diseñar el sistema de red de conductos para transportar el aire a los ambientes a ventilar o acondicionar.

2.1.8.1. Pérdidas de energía en el sistema de distribución de aire

En los sistemas de conductos de ventilación y acondicionamiento de aire se consideran dos tipos de pérdida de energía. Las pérdidas ocasionadas en los tramos rectos del conducto, conocida como pérdida de fricción longitudinal y las pérdidas dinámicas o secundarias que se producen en

codos, derivaciones, transformaciones y dispositivos de control y distribución de aire (Mott & Untener, 2015).

Las pérdidas de fricción longitudinal se pueden calcular con la ecuación de Darcy (ecuación 9). Sin embargo, la ASHRAE ha elaborado unas gráficas para el diseño de conductos donde se muestra la pérdida de fricción longitudinal por cada 100 pies h_L en función del caudal, además de dos líneas diagonales que representan el diámetro del conducto circular y la velocidad que circula en el mismo (Mott & Untener, 2015). En la siguiente tabla se muestran las unidades y condiciones supuestas para la elaboración de la gráfica (figura 10).

Tabla 4

Unidades de ventilación

	Unidades del sistema inglés	Unidades del SI
Flujo volumétrico o caudal	pie ³ /min (cfm)	m ³ /s
	pulg de agua por cada 100 pies	
Pérdida por fricción h_L	(pulg H ₂ O/100 pies)	Pa/m
Velocidad	pies/min	m/s
Diámetro de ducto	pulg	mm
Peso específico del aire	0.075 Lb/pie ³	11.81 N/m ³
Rugosidad de la superficie del ducto	5x10 ⁻⁴ pies	1.5x10 ⁻⁴ m
Condiciones del aire	14.7 psia; 68°F	101.3 KPa; 20°C

Nota. Tomado de Mecánica de Fluidos, por Robert Mott y Untener (2015)

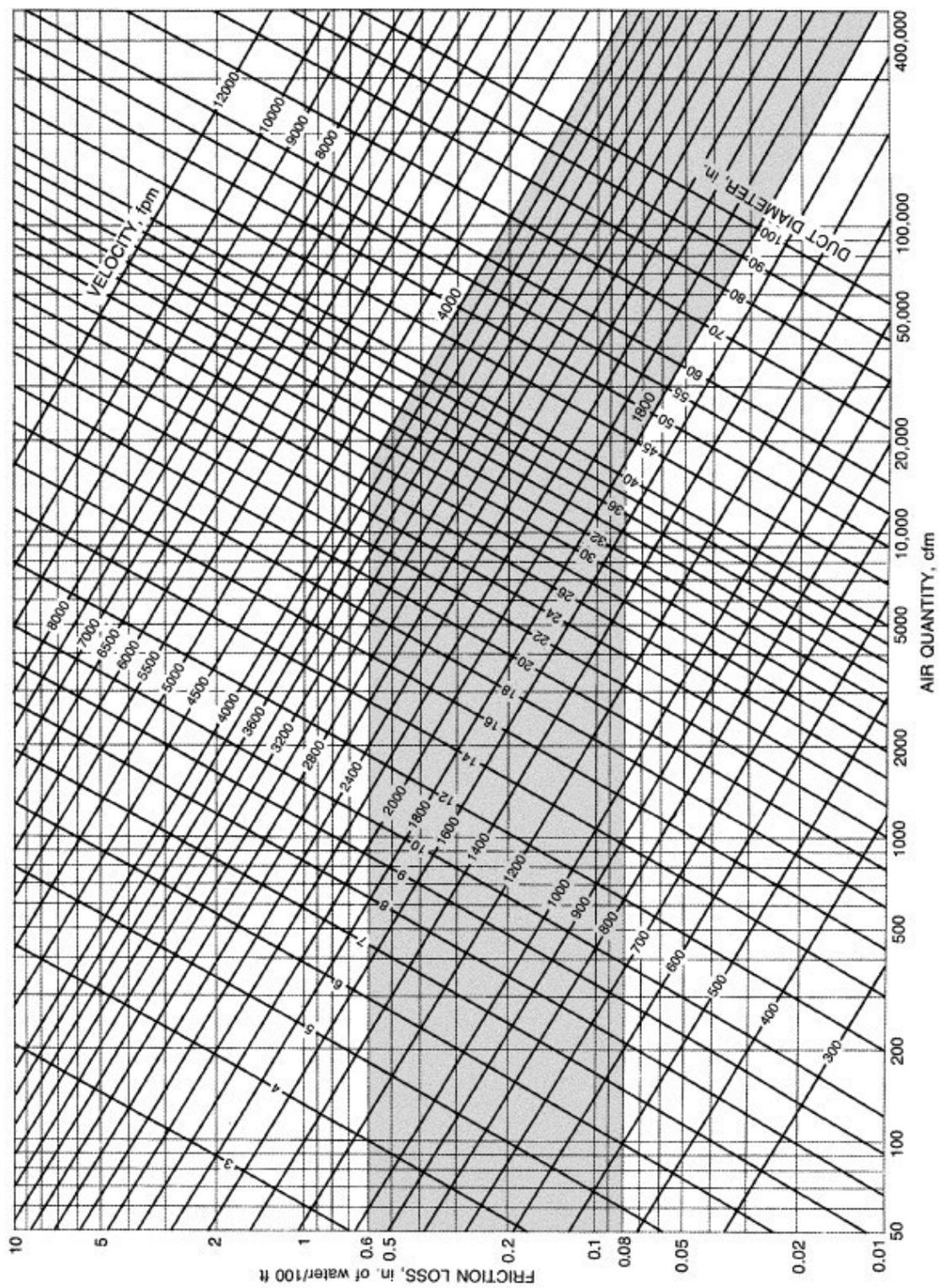


Figura 10. Pérdida de fricción en ductos en Sistema Inglés
 Nota. Tomado de ASHRAE Handbook Fundamentals (2009)

Siendo la pérdida longitudinal por fricción representada en la siguiente ecuación.

$$H_{f-l} = h_L(L/100) \quad (24)$$

Donde:

H_{f-l} : Pérdida de fricción longitudinal (Pulg H₂O)

h_L : Pérdida de fricción por 100 pies de ducto

L: Longitud del ducto (pies)

2.1.8.2. Ductos rectangulares

En los sistemas de transporte de aire en ventilación y aire acondicionado, se utiliza ductos redondos, pero por cuestiones de espacio es conveniente utilizar ductos rectangulares sobre todo cuando se ve limitado por la altura de los techos. Cuando se efectúan sustituciones necesarias de diámetro hidráulico en las relaciones de velocidad, número de Reynolds, factor de fricción y rugosidad relativa, se obtiene una ecuación entre el diámetro equivalente y los lados del ducto rectangular (Mott & Untener, 2015), que se expresa de la siguiente manera.

$$D_e = \frac{1.3(ab)^{5/8}}{(a+b)^{1/4}} \quad (25)$$

Donde:

D_e : Diámetro equivalente (mm, pulg)

a,b : Lados del ducto rectangular (mm, pulg)

El diámetro equivalente permite utilizar la figura 10 para ductos circulares.

En la tabla 5 se puede observar los diámetros equivalentes para ductos rectangulares.

Tabla 5

Ductos rectangulares en función de diámetro y un lado

Diámetro equivalente Pulg	Longitud de Lado a (pulg)																			
	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
	Longitud de Lado b (pulg)																			
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	41	32	26	22	19	17	14													
14.5	45	35	28	24	20	18	15													
15	48	38	30	25	22	19	16	14												
16	51	41	33	27	23	20	17	15												
17	54	44	36	30	25	22	18	15												
18	57	47	39	33	29	24	21	19												
19	60	50	43	37	32	27	24	21	19											
20	63	53	46	40	35	30	26	23	20											
21	66	56	49	43	38	33	29	25	22											
22	69	59	52	46	41	36	32	28	25	22										
23	72	62	55	49	44	39	35	31	27	24	22									
24	75	65	58	52	47	42	38	34	30	26	24									
25	78	68	61	55	50	45	41	37	33	29	26	24								
26	81	71	64	58	53	48	44	40	36	32	28	26	24							
27	84	74	67	61	56	51	47	43	39	35	31	28	26	24						
28	87	77	70	64	59	54	50	46	42	38	34	31	29	27	26					
29	90	80	73	67	62	57	53	49	45	41	37	34	31	29	28					
30	93	83	76	70	65	60	56	52	48	44	40	37	34	31	29					
31	96	86	79	73	68	63	59	55	51	47	43	40	37	34	31					
32	99	89	82	76	71	66	62	58	54	50	46	43	40	37	34					
33	102	92	85	79	74	69	65	61	57	53	49	46	43	40	37	30				
34	105	95	88	82	77	72	68	64	60	56	52	49	46	43	40	32				
35	108	98	91	85	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	34				
36	111	101	94	88	83	78	74	70	66	62	58	55	52	49	46	36				
37	114	104	97	91	86	81	77	73	69	65	61	58	55	52	49	38				
38	117	107	100	94	89	84	80	76	72	68	64	61	58	55	52	40				
39	120	110	103	97	92	87	83	79	75	71	67	64	61	58	55	42				
40	123	113	106	100	95	90	86	82	78	74	70	67	64	61	58	44				
41	126	116	109	103	98	93	89	85	81	77	73	70	67	64	61	46				
42	129	119	112	106	101	96	92	88	84	80	76	73	70	67	64	48				
43	132	122	115	109	104	99	95	91	87	83	79	76	73	70	67	50				
44	135	125	118	112	107	102	98	94	90	86	82	79	76	73	70	52				
45	138	128	121	115	110	105	101	97	93	89	85	82	79	76	73	54				
46	141	131	124	118	113	108	104	100	96	92	88	85	82	79	76	56				
47	144	134	127	121	116	111	107	103	99	95	91	88	85	82	79	58				
48	147	137	130	124	119	114	110	106	102	98	94	91	88	85	82	60				
49	150	140	133	127	122	117	113	109	105	101	97	94	91	88	85	62				
50	153	143	136	130	125	120	116	112	108	104	100	97	94	91	88	64				
51	156	146	139	133	128	123	119	115	111	107	103	100	97	94	91	66				
52	159	149	142	136	131	126	122	118	114	110	106	103	100	97	94	68				
53	162	152	145	139	134	129	125	121	117	113	109	106	103	100	97	70				
54	165	155	148	142	137	132	128	124	120	116	112	109	106	103	100	72				
55	168	158	151	145	140	135	131	127	123	119	115	112	109	106	103	74				
56	171	161	154	148	143	138	134	130	126	122	118	115	112	109	106	76				
57	174	164	157	151	146	141	137	133	129	125	121	118	115	112	109	78				
58	177	167	160	154	149	144	140	136	132	128	124	121	118	115	112	80				
59	180	170	163	157	152	147	143	139	135	131	127	124	121	118	115	82				
60	183	173	166	160	155	150	146	142	138	134	130	127	124	121	118	84				

Nota. Tomado de ASHRAE Handbook Fundamentals (2009)

2.1.8.3. Pérdidas dinámicas o de velocidad en conductos de aire

Las pérdidas dinámicas están denotadas por la ecuación de la sección 2.1.5.7.

$$H_{f-v} = C \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \quad (12)$$

Donde:

H_{f-v} : presión dinámica (pulgadas de agua)

C: Coeficiente de pérdidas.

V: Velocidad $\frac{\text{pies}}{\text{min}}$

El coeficiente "C" de pérdidas depende del tipo de accesorio como te, codos y derivaciones (Mott & Untener, 2015). El resumen de ello se observa en las tablas 2.3 y 2.3. Los coeficientes "C" más detallados se observan en el anexo 1.

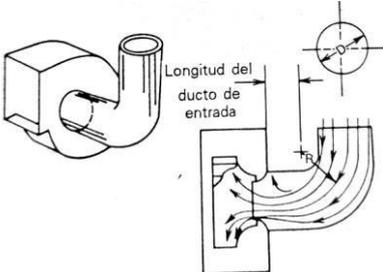
Tabla 6
Coeficiente "C"

Coeficiente C de pérdida dinámica						
Codos a 90°						
Liso, redondeado						0.22
5 piezas, redondeado						0.33
4 piezas, redondeado						0.37
3 piezas, redondeado						0.42
Biselado, redondeado						1.20
Liso, rectangular						0.18
Te, rama						1.00
Te, flujo a través del tramo principal						0.10
Y simétrica						0.30
Posición del regulador	0°	10°	20°	30°	40°	50°
C	0.20	0.52	1.50	4.50	11.00	29.00
Rejilla de salida: Suponga una caída total de presión a través de la rejilla, de 0.06 pulgH2O						
Rejilla de entrada: Suponga una caída total de presión a través de la rejilla, de 0.07 pulgH2O						

Nota. Tomado de Mecánica de Fluidos, por Robert Mott y Untener (2015)

Tabla 7

Coeficiente "C" para acoples en ventiladores

Coeficiente de pérdida C para conexiones de ducto redondo a succión de ventilador			
	Coeficiente C pérdidas		
	Longitud de entrada en diámetros		
R/D	0	2D	5D
0.75	1.60	0.80	0.40
1.00	1.30	0.70	0.30
2.00	1.20	0.50	0.25
3.00	0.70	0.40	0.20

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

2.1.8.4. Métodos de diseño para dimensionamientos de ductos

Existen tres métodos recomendados por ASHRAE, método de reducción de velocidad, método de igual fricción y método de recuperación estática. El método más usado para bajas y medias velocidades en conductos es el de igual fricción que se pasa a detallar:

a. Método de igual fricción

Este método consiste en seleccionar un valor de pérdida por fricción longitudinal y éste se mantiene constante para todas las secciones de los conductos del sistema distribución de aire. Este valor se selecciona con una velocidad máxima permisible a la salida del ventilador para evitar el ruido (Pita, 1994). La tabla 8 muestra las velocidades recomendadas.

Tabla 8

Velocidades recomendadas

Componente	Velocidades recomendadas (pies/min)			Velocidades máximas (pies/min)		
	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Construcciones industriales	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Construcciones industriales
Entrada de aire exterior(a)	500	500	500	800	900	1200
Filtros (a)	250	300	350	300	350	350
Serpentines de calentamiento (a)	450	500	600	500	600	700
Lavadores de aire	500	500	500	500	500	500
Conexiones de succión	700	800	1000	900	1000	1400
Descargas de ventilador	1000-1600	1300-2000	1600-2400	1700	1500-2200	1700-2800
Ductos principales	700-900	1000-1300	1200-1800	800-1200	1100-1600	1300-2200
Ductos de ramal	600	600-900	800-1000	700-1000	800-1300	1000-1800
Subidas de ramal	500	600-700	800	650-800	800-1200	1000-1600

(a) Estas velocidades son para toda la superficie de la cara, y no la superficie libre. Las demás velocidades son para superficie libre neta.

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

2.1.9. Ventiladores

El ventilador es una máquina que sirve para dar movimiento al aire a través de un rodete como elemento impulsor. Los ventiladores tienen por lo menos una abertura de impulsión y una abertura de succión. Las aberturas de impulsión y succión y pueden estar conectadas a conductos de ventilación o simplemente encontrarse libres (Carnicer, 2001).

Los ventiladores se dividen en dos grupos.

- a. Ventiladores axiales o helicoidales: Estos lanzan el aire en dirección del eje del motor de manera axial (Carnicer, 2001).
- b. Ventiladores centrífugos o radiales: Estos ventiladores transportan el aire radialmente respecto al rodete, y son accionados con motores eléctricos que pueden ser de transmisión directa o de faja y polea. Los rodetes pueden clasificarse de cuatro formas; curvados hacia adelante, radiales, curvados hacia atrás e inclinadas hacia atrás (Carnicer, 2001).

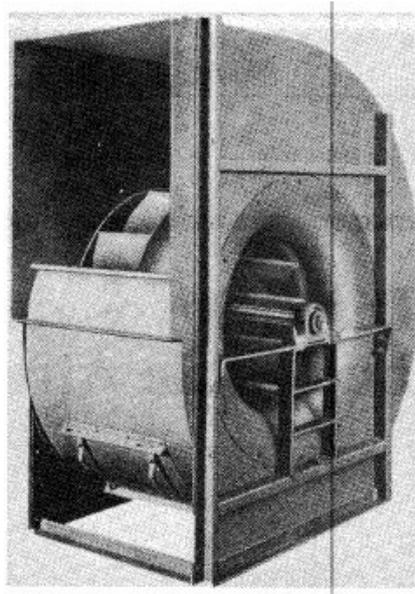


Figura 11. Ventilador centrífugo

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

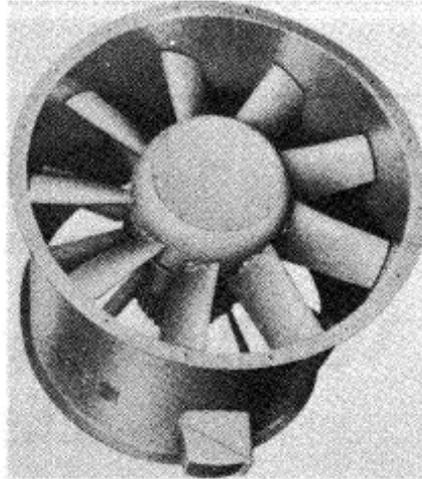


Figura 12. Ventilador de aspas axiales

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

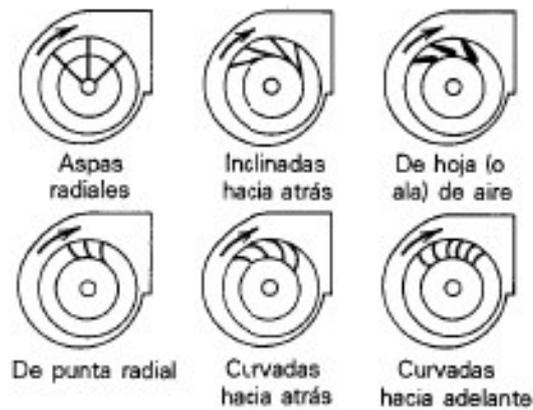


Figura 13. Tipos de aspas del impulsor de los ventiladores centrífugos

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

2.1.9.1. Ley fundamental de los ventiladores

a. Cuando varía la velocidad de rotación del rodete (Pita, 1994):

$$Q_2 = Q_1 \frac{N_2}{N_1} \tag{26}$$

$$P_{t2} = P_{t1} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \tag{27}$$

$$P_{A2} = P_{A1} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \tag{28}$$

Donde:

Q: Caudal o flujo volumétrico (pies³/min)

P_t : Presión total (pulg H₂O)

P_A : Presión absorbida del motor (HP)

N : Velocidad de rotación (RPM)

D : Diámetro del rodete (pulg)

ρ : Densidad del aire

2.1.9.2. Potencia absorbida en un ventilador

$$P_A = \frac{Q \cdot P_t}{6356 \cdot \eta} \quad (29)$$

Donde:

P_A : Presión absorbida del motor (HP)

Q : Caudal o flujo volumétrico (pies³/min)

P_t : Presión total (pulg H₂O)

η : Eficiencia del ventilador

2.1.10. Difusores y rejillas

Un difusor o rejilla es un elemento en la distribución del aire que ayuda a suministrar o extraer aire de un ambiente (Pita, 1994). Los tipos más comunes son:

- Parrillas o registro
- Difusores de cielo raso
- Difusores de ranura
- Cámaras plenas de cielo raso

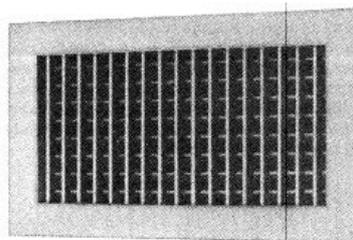


Figura 14. Rejilla tipo parrilla o registro

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

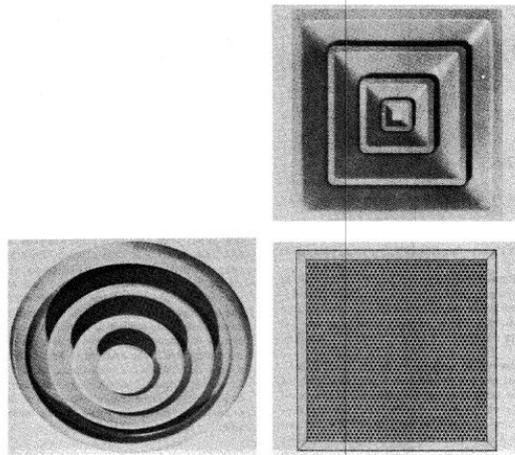


Figura 15. Difusores de cielo raso

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

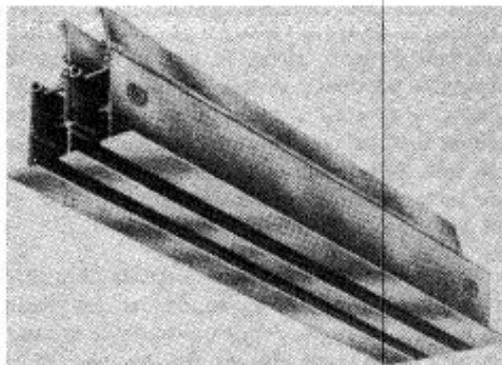


Figura 16. Difusores tipo ranura

Nota. Tomado de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

2.1.10.1. Selección de difusores y rejillas

Para la selección de los difusores y rejillas es recomendable el uso de las fichas del fabricante (Carnicer, 2001), pero un método aceptado es el que se detalla a continuación:

$$S = \frac{Q \cdot 144}{V} \quad (30)$$

Donde:

S: Área de la rejilla o difusor (pulg²)

Q: Caudal (cfm)

V: Velocidad a través de la rejilla o difusor (recomendado de 300 a 500 pies/min)

2.1.11. Cálculo del número de Jet Fan-Método Soler y Palau

Para calcular la cantidad de Jet Fan es preciso conocer previamente los siguientes parámetros:

L_m = Longitud media del recorrido del aire (distancia entre la succión y suministro)



Figura 17. Longitud media del recorrido del aire

Nota. Elaboración propia

$$V_{ind} = L_m \times Renovaciones/s \quad (31)$$

Donde:

V_{ind} : Velocidad de inducción en m/s (Velocidad mínima recomendada por ASHRAE 0.25 m/s)

L_m : Longitud media en m

Con las consideraciones anteriores se presenta la ecuación para el cálculo del número de Jet Fan en un estacionamiento para poder diluir el monóxido.

$$\text{Número de Jet Fan} = \frac{A_f}{S_{pn}} \quad (32)$$

Donde:

A_f = Área total del estacionamiento en m^2

S_{pn} = Superficie de ventilación normal en m^2

$$S_{pn} = \frac{F}{0.52 \times 1.20 \times V_{ind}^2} \quad (33)$$

F = Empuje de catálogo en N

2.2. Glosario

Abertura de ventilación: Agujero que se lleva a cabo en una parte de un componente de una construcción que demarca un recinto, en el cual se permite la transferencia de aire de un lugar a otro sea adyacente o hacia el exterior del recinto (Norma Técnica EM.030, 2020).

Ambiente: Recinto que forma parte de la construcción, por ejemplo una oficina, una sala de reunión, cuarto de máquinas, entre otros (Norma Técnica EM.030, 2020).

Aire exterior: Aire que ingresa a una construcción mediante orificios, por ventilación forzada y/o natural (Norma Técnica EM.030, 2020).

Aire interior: Aire que está encerrado dentro del recinto (Norma Técnica EM.030, 2020).

Aire de suministro o impulsión: Aire que es impulsado hacia el interior del recinto o ambiente de la construcción, de forma mecánica (forzada) o natural, obtenido de la mezcla de aire exterior y/o recirculado (Norma Técnica EM.030, 2020).

Aire de extracción: Aire que es extraído de un ambiente interior de la construcción, para luego ser expulsado fuera del edificio mediante equipos mecánicos o de forma natural (Norma Técnica EM.030, 2020).

Aire de renovación: Es la mezcla de aire externo y recirculado, con el fin de reemplazar el aire viciado y no tratado (Norma Técnica EM.030, 2020).

Aire de ventilación: Aire que proviene del exterior o interior, o la mezcla de ambos; para tener una calidad de aire óptima para los ocupantes del ambiente (Norma Técnica EM.030, 2020).

Caudal de aire: Flujo de aire que se aporta o extrae de un ambiente en un determinado tiempo, las unidades más utilizadas son: pies cúbicos por minuto (CFM), metros cúbicos por hora (m^3/h), entre otros (Norma Técnica EM.030, 2020).

Conducto de extracción: Conducto que puede ser de albañilería, metálico u otro material para extraer el aire de uno o varios ambientes hacia el exterior de la edificación (Norma Técnica EM.030, 2020).

Contaminantes (del aire): Componentes en el aire de un recinto que ante su presencia es nocivo para los ocupantes del lugar (Norma Técnica EM.030, 2020).

Detector de humo: Dispositivo electrónico capaz de detectar la presencia de humo (Norma Técnica G.40, 2021).

Ducto: Canal o conducto utilizado para llevar el aire de un espacio a otro (Norma Técnica EM.030, 2020).

Escalera de evacuación: Vía por donde las personas evacúan de manera segura ante un siniestro, sismo o incendio (Norma Técnica G.40, 2021).

Estacionamiento: Área dotada o no de un techo para el aparcamiento exclusivo de vehículos (Norma Técnica G.40, 2021).

Extractor: Elemento electromecánico conformado por álabes o aspas accionados por un motor de transmisión directa o fajas y poleas, utilizado para extraer aire de uno o varios ambientes (Norma Técnica EM.030, 2020).

Filtro: Dispositivo que se utiliza para la retención de sustancias contaminantes del aire (Norma Técnica EM.030, 2020).

Inyector de aire: Elemento electromecánico conformado por álabes o aspas accionados por un motor de transmisión directa o fajas y poleas, utilizado para suministrar aire a uno o varios ambientes. (Norma Técnica EM.030, 2020).

Partes por millón (p.p.m.): Medida utilizada para medir la calidad de aire, indica la cantidad de una sustancia por cada millón de unidades del conjunto (Norma Técnica EM.030, 2020).

Presión negativa: Valor menor a cero que resulta de la diferencia de presiones estáticas entre un recinto y otro (Norma Técnica EM.030, 2020).

Presión positiva: Valor mayor a cero que resulta de la diferencia de presiones estáticas entre un recinto y otro (Norma Técnica EM.030, 2020).

Rejilla de extracción: Es un elemento que puede ser de acero galvanizado, aluminio, acero negro u otro material con el fin de extraer aire del ambiente o recinto (Norma Técnica G.40, 2021).

Sensor de monóxido: Elemento electrónico que puede detectar niveles altos de monóxido de carbono mediante la verificación de la calidad de aire (Norma Técnica G.40, 2021).

Semisótano: Parte de una construcción que se encuentra debajo del nivel del terreno y otra por encima (Norma Técnica G.40, 2021).

III. Descripción de la actividad

3.1. Organización de la actividad (profesional a cargo)

En la empresa COINREFRI AIR SAC, el autor desempeña el cargo de Jefe de Proyectos en el departamento de Proyectos e Ingeniería.

El autor, de acuerdo a su cargo, cumple con las siguientes funciones:

- Análisis de costos unitarios y metrados: revisión de los planos enviados por los clientes para su análisis respectivo.
- Elaboración de presupuestos: desarrollo de la propuesta, presentación de la misma a los clientes finales.
- Elaboración de memorias descriptivas, especificaciones técnicas, memorias de cálculo y planos: diseño del sistema de aire acondicionado y ventilación mecánica a nivel comercial, residencial e industrial, como edificios de oficinas, viviendas multifamiliares, centros comerciales, instalaciones hospitalarias, laboratorios, entre otros.
- Supervisión de obras: coordinación de la instalación de aire acondicionado y ventilación con los técnicos, arquitectos e ingenieros residentes de obra, desde su ejecución hasta la puesta en marcha; presentación de dossier de calidad y planos *as built*.

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad

La actividad desempeñada tiene como finalidad el diseño y el cálculo del sistema de ventilación mecánica para el desarrollo del proyecto de Vivienda Multifamiliar José María Plaza en el distrito de Jesús María de la ciudad de Lima.

3.3. Problemática

Debido a que los ambientes interiores de una edificación concentran contaminantes, malos olores y diversas partículas que pueden ser perjudiciales para el sistema respiratorio y en general, para la salud de sus habitantes, así como el surgimiento de posibles incendios, es primordial garantizar la seguridad, salubridad e higiene de los residentes. Considerando ello, se busca generar un sistema adecuado de ventilación, adicional a la natural, que permita renovar el aire y evitar la concentración de los posibles contaminantes. En el caso del

proyecto de Vivienda Multifamiliar José María Plaza es preciso otorgar la renovación de aire necesaria a los futuros residentes.

Ante el requerimiento presentado se propone como solución el diseño y cálculo de un sistema de ventilación mecánica para el proyecto en mención. Asimismo, dicho diseño y cálculo es un requisito de la Norma Técnica A.010 (2021) y la Norma Técnica EM.030 (2020) para que pueda ponerse en marcha la realización del proyecto de la edificación.

El sistema planteado estará compuesto de los siguientes sistemas:

- ✓ Sistema de extracción de monóxido
- ✓ Sistema de vestíbulo previo ventilado
- ✓ Sistema de ventilación de cuarto de bombas y cuarto de acopio

3.4. Alcance y limitaciones

El presente documento se limita a desarrollar los cálculos para el diseño del proyecto de ventilación mecánica de la vivienda multifamiliar mencionada, por lo que no se desarrollará el proyecto de edificación completo. Asimismo, es preciso indicar que el modelamiento CFD no forma parte de este informe; sin embargo, se adjunta en el Anexo 3.

3.5. Cursos relacionados al proyecto elaborado

- Ventilación industrial: el contenido del curso permitió aplicar los conocimientos adquiridos de sistemas de ventilación mecánica.
- Turbomáquinas: este curso permitió aplicar los conocimientos sobre selección de ventiladores y estudio de curvas características.
- Mecánica de fluidos: este curso apoyó en relación al estudio del fluido en movimiento a través de conductos teniendo en consideración las pérdidas longitudinales y pérdidas dinámicas.

Este último curso sirvió como base para la realización del diseño y cálculo del sistema de ventilación mecánica del proyecto, puesto que en él se contiene los conceptos fundamentales y ecuaciones que se relacionan con el propósito del proyecto.

3.6. Metodología y procedimientos

Para el diseño y cálculo del sistema de ventilación mecánica para el proyecto analizado, se requiere previamente indicar los sistemas del cual está compuesto, debido a que dependiendo de cada uno de ellos se seguirá determinados métodos.

A. Sistema de extracción de monóxido

Este sistema tiene como función principal evacuar el monóxido del sótano 1 y semisótano. Para esto primero se debe calcular el caudal necesario para diluir los gases contaminantes, esto realizando tres cálculos: dos por el método ASHRAE y uno por el RNE, el cual exige tomar el mayor valor de los tres cálculos. Luego se calculará las áreas de los montantes de albañilería, pérdida de presión y potencia de los ventiladores.

B. Sistema de vestíbulo previo ventilado

Tiene como función principal la evacuación segura de los ocupantes del edificio ante un incendio, para esto se dispone antes del cajón de la escalera un vestíbulo previo ventilado.

En primer lugar, se calcula el caudal de inyección y extracción del vestíbulo previo en base a lo indicado en el RNE y la NFPA-101 (inciso 7.2.3.8.2, 7.2.3.8.3 y 7.2.3.8.3) (2018)

Luego, se calcula el caudal necesario en el cajón de la escalera para mantener una presión positiva de 0.10 pulgH₂O con todas las puertas cerradas, ello basado en ASHRAE (2009).

Finalmente, se calcula las áreas de los montantes de albañilería y ductos metálicos, pérdida de presión y potencia de los ventiladores.

C. Sistema de ventilación de cuarto de bombas y cuarto de acopio

Tiene como finalidad renovar aire para evitar un aire viciado o estancado que pueda ser nocivo ante la presencia de personas en estos recintos.

En primer lugar, se calcula el caudal de renovación mediante lo indicado en el RNE en los incisos 14.7, 14.7.1 y 14.7.2, el cual establece una renovación mínima de aire cada tres minutos.

Luego, se calcula las áreas de los montantes de albañilería, pérdida de presión y potencia de los ventiladores.

3.7. Resultados de la actividad

3.7.1. Cálculo de caudales, red de conductos y selección de ventiladores para los estacionamientos sótano 1, semisótano sistema de monóxido, cuarto de bombas y acopio

3.7.1.1. Cálculo del caudal para el estacionamiento sótano 1

Se seguirá la metodología de los puntos a (ASHRAE) y b (RNE) de la sección 2.1.6.1 del marco teórico, y se tomará el caudal mayor de los resultados como flujo volumétrico para la dilución de los gases.

a. Método ASHRAE RP-945

Datos del sótano 1

- Número de estacionamientos bajo techo = 21 estacionamientos
- Área de piso del estacionamiento incluyendo circulación peatonal (A_f) = $628.00m^2$
- Altura de piso a techo del estacionamiento: $H = 2.50m$

Cálculos

- Área de piso del estacionamiento $A_f = 628m^2 \times \left(\frac{1\text{ pie}}{0.3048\text{ m}}\right)^2 = 6759.74\text{ pie}^2$
- Altura del estacionamiento $H = 2.50m \times \frac{1\text{ pie}}{0.3048\text{ m}} = 8.20\text{ pies}$
- Número de vehículos en funcionamiento en la hora pico $40\% = 40\% \times 21 \approx 9\text{ veh\acute{u}culos}$
- Emisión de CO del motor de un carro (E): Se halla el promedio con los valores de emisión de monóxido en invierno utilizando la tabla 2

$$E = \frac{0.478 + 0.447 + 2.744 + 2.508}{4} = 1.54\text{ Lb/h}$$

$$G = \frac{NE}{A_f} = \frac{9\text{ veh\acute{u}culos} \times 1.54\text{ Lb/h}}{6759.74\text{ pie}^2} = 0.00205037\text{ Lb/h} \cdot \text{pie}^2$$

- Normalizar la tasa de emisión de CO (f): Se utiliza la ecuación 15

$$f = 100 \frac{G}{G_0} = 100 \times \frac{0.00205037\text{ Lb/h} \cdot \text{pie}^2}{5.46 \times 10^{-3}\text{ Lb/h} \cdot \text{pie}^2} = 37.55$$

- Caudal requerido para la ventilación del estacionamiento (Q): Se utiliza la ecuación 16 y un tiempo de permanencia del vehículo en movimiento de $\theta = 120s$,

así como un factor $C = 0.948 \times 10^{-4} \frac{cfm}{pie^2 \cdot s}$. Para: $CO_{max} = 35ppm$

$$Q = Cf\theta A_f = 0.948 \times 10^{-4} \frac{cfm}{pie^2 \cdot s} \times 37.55 \times 120s \times 6759.74pie^2$$
$$= \mathbf{2888 \text{ cfm}}$$

b. Metodología de diseño para calcular el caudal de ventilación en un estacionamiento-Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma Técnica EM030, ítem 14.9.1)

- Una renovación de aire cada 12 minutos (cinco renovaciones en una hora): Se utiliza la ecuación 7

$$Q = \frac{5A_f \cdot H}{60} = \frac{5 \times 6759.74 \times 8.20}{60} = 4620 \text{ cfm}$$

- Una renovación de aire cada 12m³/h-m²: Se utiliza la ecuación 18

$$Q = \frac{250}{381} \cdot A_f = \frac{250}{381} \cdot 6759.74 = 4436 \text{ cfm}$$

El flujo volumétrico necesario para el estacionamiento del sótano 1 sería el máximo valor entre los valores obtenidos:

$$Q_{\text{sótano 1}} = 4620 \text{ cfm}$$

3.7.1.2. Cálculo del caudal para el estacionamiento semisótano

Se seguirá la metodología de los puntos a (ASHRAE) y b (RNE) de la sección 2.1.6.1 del marco teórico, y se tomará el caudal mayor de los resultados como flujo volumétrico para la dilución de los gases.

a. Método ASHRAE RP-945

Datos del sótano 1

- Número de estacionamientos bajo techo = 18 estacionamientos
- Área de piso del estacionamiento incluyendo circulación peatonal (A_f) = 600.00m²
- Altura de piso a techo del estacionamiento: H= 2.50m

Cálculos

- Área de piso del estacionamiento: $A_f = 600m^2 \times \left(\frac{1 \text{ pie}}{0.3048 \text{ m}}\right)^2 = 6458.35 \text{ pie}^2$
- Altura del estacionamiento: $H = 2.50m \times \frac{1 \text{ pie}}{0.3048 \text{ m}} = 8.20 \text{ pies}$
- Número de vehículos en funcionamiento en la hora pico: 40%=40% × 18 ≈ 8 vehículos
- Emisión de CO del motor de un carro (E): Se halla el promedio con los valores de emisión de monóxido en invierno utilizando la tabla 2

$$E = \frac{0.478 + 0.447 + 2.744 + 2.508}{4} = 1.54 \text{ Lb/h}$$

- Máxima generación de monóxido por área de piso (G): Se utiliza la ecuación 14

$$G = NE/A_f = \frac{8 \text{ vehiculos} \times 1.54 \text{ Lb/h}}{6458.35 \text{ pie}^2} = 0.00190761 \text{ Lb/h} \cdot \text{pie}^2$$

- Normalizar la tasa de emisión de CO (f): Se utiliza la ecuación 15

$$f = 100 G/G_0 = 100 \times \frac{0.00190761 \text{ Lb/h} \cdot \text{pie}^2}{5.46 \times 10^{-3} \text{ Lb/h} \cdot \text{pie}^2} = 34.94$$

- Caudal requerido para la ventilación del estacionamiento (Q): Se utiliza la ecuación 16 y un tiempo de permanencia del vehículo en movimiento de $\theta = 120s$, así como un factor $C = 0.948 \times 10^{-4} \text{ cfm/pie}^2 \cdot s$

$$\text{Para: } CO_{max} = 35 \text{ ppm}$$

$$Q = Cf\theta A_f = 0.948 \times 10^{-4} \text{ cfm/pie}^2 \cdot s \times 34.94 \times 120s \times 6458.35 \text{ pie}^2$$

$$= 2546 \text{ cfm}$$

b. Metodología de diseño para calcular el caudal de ventilación en un estacionamiento-Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma Técnica EM030 14.9.1)

- Una renovación de aire cada 12 minutos (cinco renovaciones en una hora): Se utiliza la ecuación 17

$$Q = \frac{5A_f H}{60} = \frac{5 \times 6458.35 \times 8.20}{60} = 4414 \text{ cfm}$$

- Una renovación de aire cada 12m³/h-m²: Se utiliza la ecuación 18

$$Q = \frac{250}{381} \cdot A_f = \frac{250}{381} \cdot 6458.35 = 4238 \text{ cfm}$$

El flujo volumétrico necesario para el estacionamiento del sótano 1 sería el máximo valor entre los valores obtenidos:

$$Q_{semisótano} = 4414 \text{ cfm}$$

3.7.1.3. Sistema de distribución de aire

a. Conducto de mampostería (albañilería) de expulsión de monóxido

El conducto está ubicado entre los ejes F-3-4, que inicia en el sótano y finaliza en el techo del edificio, teniendo una longitud vertical de 43.25m (141.95 pie). Además, el conducto manejará la suma de los caudales del sótano 1 y el semisótano.

$$Q_{total} = 4620cfm + 4414cfm = 9034cfm$$

Para conductos en este tipo de aplicación y de acuerdo con la tabla 8, la velocidad máxima recomendada para ductos principales es de 1300-2200 pies/min, de lo cual se tomará una velocidad máxima de 2000 pies/min.

Para calcular el área del conducto se utiliza la ecuación de continuidad (5).

$$Q_{total} = V_{rec-m\acute{a}x} \times A_{F-3-4}$$

$$V_{rec-m\acute{a}x} = 2000 \text{ pies}/\text{min.}$$

$$Q_{total} = 9034 \text{ cfm}$$

$$\begin{aligned} A_{F-3-4} &= \frac{Q_{total}}{V_{rec-m\acute{a}x}} = \frac{9034 \text{ pie}^3/\text{min}}{2000 \text{ pie}/\text{min}} = 4.517\text{pie}^2 = 4.517\text{pie}^2 \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}}\right)^2 \\ &= 0.42\text{m}^2 \end{aligned}$$

b. Conducto de mampostería (albañilería) inyección de aire

Los conductos de ingreso de aire limpio se encuentran entre los ejes J-1-2, J-3-4 y A-3-4. Para que se obtenga una mejor distribución, los conductos manejarán los siguientes caudales:

$$Q_{J-1-2} = 1155 \text{ cfm}$$

$$Q_{J-3-4} = 1155 \text{ cfm}$$

$$Q_{A-3-4} = 2310 \text{ cfm}$$

Para conductos en este tipo de aplicación y de acuerdo con la tabla 8, la velocidad máxima recomendada para ductos principales es de 800-1200 pies/min, tomando una velocidad máxima de 1000 pies/min.

Para calcular el área del conducto se utiliza la ecuación de continuidad (5).

$$Q_{J-1-2} = V_{rec-m\acute{a}x} \times A_{conducto}$$

$$V_{rec-m\acute{a}x} = 1000 \text{ pies}/\text{min.}$$

$$Q_{J-1-2} = 1155 \text{ cfm}$$

$$Q_{J-3-4} = 1155 \text{ cfm}$$

$$Q_{A-3-4} = 2310 \text{ cfm}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{conducto } J-1-2} &= \frac{Q_{J-1-2}}{V_{\text{rec-máx}}} = \frac{1155 \text{ pie}^3/\text{min}}{1000 \text{ pie}/\text{min}} = 1.155 \text{ pie}^2 \\ &= 1.155 \text{ pie}^2 \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} \right)^2 = 0.11 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{conducto } J-3-4} &= \frac{Q_{J-1-2}}{V_{\text{rec-máx}}} = \frac{1155 \text{ pie}^3/\text{min}}{1000 \text{ pie}/\text{min}} = 1.155 \text{ pie}^2 \\ &= 1.155 \text{ pie}^2 \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} \right)^2 = 0.11 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{conducto } A-3-4} &= \frac{Q_{J-1-2}}{V_{\text{rec-máx}}} = \frac{2310 \text{ pie}^3/\text{min}}{1000 \text{ pie}/\text{min}} = 2.310 \text{ pie}^2 \\ &= 2.310 \text{ pie}^2 \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} \right)^2 = 0.22 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.7.1.4. Cálculo de la pérdida de presión en los conductos de albañilería

a. Cálculo del diámetro equivalente de los conductos

Se emplea la ecuación geométrica del área de la circunferencia y se despeja el diámetro en función del área.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$D_{F-3-4} = \sqrt{\frac{4 \times 0.42}{\pi}} = 0.7313 \text{ m} = 0.7313 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}} \right) = 29 \text{ pulg.}$$

$$D_{J-1-2} = \sqrt{\frac{4 \times 0.11}{\pi}} = 0.3742 \text{ m} = 0.3742 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}} \right) = 15 \text{ pulg.}$$

$$D_{J-3-4} = \sqrt{\frac{4 \times 0.11}{\pi}} = 0.3742 \text{ m} = 0.3742 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}} \right) = 15 \text{ pulg.}$$

$$D_{A-3-4} = \sqrt{\frac{4 \times 0.22}{\pi}} = 0.5293 \text{ m} = 0.5293 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}} \right) = 21 \text{ pulg.}$$

b. Cálculo de pérdida de presión longitudinal por cada 100 pies

Se emplea la figura 10 ingresando con caudal y diámetro se obtiene la caída de presión h_{f-l} .

- Con: $D_{F-3-4} = 29\text{pulg}$ y 9034cfm $\rightarrow h_{f-l(F-3-4)} = 0.14 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$
- Con: $D_{J-1-2} = 15\text{pulg}$ y 1155cfm $\rightarrow h_{f-l(J-1-2)} = 0.08 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$
- Con: $D_{J-3-4} = 15\text{pulg}$ y 1155cfm $\rightarrow h_{f-l(J-3-4)} = 0.08 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$
- Con: $D_{A-3-4} = 21\text{pulg}$ y 2310cfm $\rightarrow h_{f-l(J-3-4)} = 0.06 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$

Dado que los valores de la figura 10 se trata para acero galvanizado, y los conductos propuestos en el proyecto son de albañilería, por lo que, se tomará cuatro veces del valor obtenido para tener el valor corregido de pérdida de fricción longitudinal h_{f-l} .

- $h_{f-l(F-3-4)}^* = 4 \times h_{f-l(F-3-4)} = 4 \times 0.14 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} = 0.56 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$
- $h_{f-l(J-1-2)}^* = 4 \times h_{f-l(J-1-2)} = 4 \times 0.08 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} = 0.32 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$
- $h_{f-l(J-3-4)}^* = 4 \times h_{f-l(J-1-2)} = 4 \times 0.08 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} = 0.32 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$
- $h_{f-l(A-3-4)}^* = 4 \times h_{f-l(J-1-2)} = 4 \times 0.06 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} = 0.24 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$

c. Cálculo de pérdida de presión total para del sistema

Es la suma de las pérdidas por fricción longitudinal, pérdidas dinámicas y accesorios como rejillas.

- Pérdidas dinámicas y de accesorios del conducto: Los conductos son tramos rectos de igual sección sólo presenta pérdidas en accesorios como rejillas.

De acuerdo con la tabla 4 las pérdidas dinámicas en las rejillas son las siguientes:

$$H_{\text{rejilla-salida}} = 0.06 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

$$H_{rejilla-entrada} = 0.07 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida de presión total P_t del conducto "F-3-4"

Datos

Longitud del conducto 43.25m (141.95 pies)

01 rejilla de entrada

01 rejilla de salida

$$h_{f-l(F-3-4)}^* = 0.56 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$$

$$P_{t(F-3-4)} = 0.56 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} \times 141.95\text{pies} + 0.060\text{pulgH}_2\text{O} \\ + 0.070\text{pulgH}_2\text{O} = 0.92\text{pulgH}_2\text{O} \approx 1.00\text{pulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida de presión total P_t del conducto "J-1-2"

Datos

Longitud del conducto 7.60m (25.00 pies)

01 rejilla de entrada

01 rejilla de salida

$$h_{f-l(J-1-2)}^* = 0.32 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$$

$$P_{t(J-1-2)} = 0.32 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} \times 25.00\text{pies} + 0.060\text{pulgH}_2\text{O} + 0.070\text{pulgH}_2\text{O} \\ = 0.98\text{pulgH}_2\text{O} \approx 1.00\text{pulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida de presión total P_t del conducto "J-3-4"

Datos

Longitud del conducto 7.60m (25.00 pies)

01 rejilla de entrada

01 rejilla de salida

$$h_{f-l(J-3-4)}^* = 0.32 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$$

$$P_{t(J-3-4)} = 0.32 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} \times 25.00\text{pies} + 0.060\text{pulgH}_2\text{O} + 0.070\text{pulgH}_2\text{O}$$

$$= 0.21\text{pulgH}_2\text{O} \approx 0.50\text{pulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida de presión total P_t del conducto "A-3-4"

Datos

Longitud del conducto 7.60m (25.00 pies)

01 rejilla de entrada

01 rejilla de salida

$$h_{f-l(A-3-4)}^* = 0.24 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$$

$$P_{t(A-3-4)} = 0.24 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} \times 25.00\text{pies} + 0.060\text{pulgH}_2\text{O}$$

$$+ 0.070\text{pulgH}_2\text{O} = 0.19\text{pulgH}_2\text{O} \approx 0.50\text{pulgH}_2\text{O}$$

3.7.2. Cálculo de caudales, red de conductos y selección de ventiladores para los sistemas de vestíbulos previos.

3.7.2.1. Cálculo del caudal para el vestíbulo previo

Para el cálculo de los caudales del vestíbulo previo, inyección y extracción, se emplea las ecuaciones 20 y 21 respectivamente.

Datos de arquitectura del vestíbulo

- Área de piso del vestíbulo $A_v = 4.44\text{m}^2$
- Altura de piso a techo del vestíbulo $H_v = 2.40\text{ m}$

$$Q_i = \frac{60}{1.7} \cdot A_v \cdot h_v = \frac{60}{1.7} \times 4.44 \times 2.40 = 377\text{ cfm}$$

Donde:

Q_i : Caudal de suministro para el vestíbulo (cfm)

A_v : área de piso del vestíbulo (m^2)

H_v : Altura del vestíbulo (m)

$$Q_e = \frac{90}{1.7} \cdot A_v \cdot h_v = \frac{90}{1.7} \times 4.44 \times 2.40 = 566\text{ cfm}$$

Donde:

Q_e : Caudal de extracción para el vestíbulo (cfm)

A_v : área de piso del vestíbulo (m^2)

H_v : Altura del vestíbulo (m)

3.7.2.2. Cálculo del caudal para el cajón de la escalera a puertas cerradas

Para el cálculo de caudal se hace uso de las ecuaciones 23, 24 y 25.

Datos de arquitectura del cajón de la escalera y edificio

- Altura de la puerta de la escalera=2.10m=6.89pies
- Ancho de puerta de la escalera=1.00m=3.28pies
- Espesor de fuga perimetral de la puerta de la escalera=4mm=0.013123 pie
- Número de pisos: N=17
- Altura promedio de cada piso=2.75m=9.02pies
- Temperatura de aire exterior: $T_o=28.9^\circ C=544R$
- Temperatura de aire en el cajón de escalera: $T_s=27.8^\circ C=542R$
- Ancho del edificio=17.80m=58.40pies
- Largo del edificio=30.90m=101.20pies
- Ancho del cajón de escalera=5.00m=16.40 pies
- Largo del cajón de escalera=2.78m=9.12 pies

Cálculos

A_{bo} : Área de flujo entre el edificio y el exterior por piso ($pies^2$). De la tabla 3 se toma el valor promedio de confinado de paredes exteriores del edificio

$$\frac{A}{A_w} = 0.17 \times 10^{-3}$$

$$A_{bo} = 2 \times (58.40pies + 101.20pies) \times 9.02pies \times 0.17 \times 10^{-3} = 0.4895pies^2$$

A_{sb} : Área de flujo entre el cajón de la escalera y el edificio por piso ($pies^2$). De la tabla 3 se toma el valor promedio de confinado de paredes de escalera

del edificio $\frac{A}{A_w} = 0.11 \times 10^{-3}$

$$A_{sb} = 2 \times (16.40pies + 9.12pies) \times 9.02pies \times 0.11 \times 10^{-3} + 2 \times (6.89 + 3.28) \times 0.0131123 = 0.3173pies^2$$

$$B = 7.64 \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_s} \right) = 7.64 \left(\frac{1}{544} - \frac{1}{542} \right) = -0.00005182$$

$\Delta P_{sbb} = 0.10 \text{ pulgH}_2\text{O}$ (Presión que se debe mantener a puertas cerradas)

Altura de la escalera $y = 17 \times 9.02 = 153.34 \text{ pies}$

Reemplazando en la ecuación 23:

$$\Delta P_{sbt} = \Delta P_{sbb} + \frac{By}{1 + \left(\frac{A_{sb}}{A_{bo}} \right)^2} = 0.10 + \frac{-0.00005182 \times 153.34}{1 + \left(\frac{0.3173}{0.4895} \right)^2} = 0.09440$$

Reemplazando en la ecuación 25:

$$Q = 1740 N A_{sb} \left(\frac{\Delta P_{sbt}^{3/2} - \Delta P_{sbb}^{3/2}}{\Delta P_{sbt} - \Delta P_{sbb}} \right) = 1740 \times 17 \times 0.3173 \left(\frac{0.09440^{3/2} - 0.10^{3/2}}{0.09440 - 0.10} \right) = 4390 \text{ cfm}$$

3.7.2.3. Sistema de distribución de aire para vestíbulo previo

a. Conducto de mampostería (albañilería) de expulsión de aire

Para conductos en este tipo de aplicación y de acuerdo con la tabla 8 la velocidad máxima recomendada para ductos principales es de 1300-2200 pies/min, tomando una velocidad máxima de 2000 pies/min.

Para calcular el área del conducto se utiliza la ecuación de continuidad (5).

$$Q_e = V_{rec-m\acute{a}x} \times A_e$$

$$V_{rec-m\acute{a}x} = 2000 \text{ pies}/\text{min.}$$

$$Q_e = 566 \times 13 = 7358 \text{ cfm}$$

$$A_e = \frac{Q_{total}}{V_{rec-m\acute{a}x}} = \frac{7358 \text{ pie}^3/\text{min}}{2000 \text{ pie}/\text{min}} = 3.679 \text{ pie}^2 = 3.679 \text{ pie}^2 \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} \right)^2 = 0.34 \text{ m}^2$$

b. Conducto de mampostería (albañilería) de inyección de aire

Para conductos en este tipo de aplicación y de acuerdo con la tabla 8 la velocidad máxima recomendada para ductos principales es de 800-1200 pies/min, tomando una velocidad máxima de 1000 pies/min.

Para calcular el área del conducto se utiliza la ecuación de continuidad (5).

$$Q_i = V_{rec-m\acute{a}x} \times A_i$$

$$V_{rec-m\acute{a}x} = 1000 \text{ pies}/\text{min.}$$

$$Q_i = 377 \times 13 = 4901 \text{ cfm}$$

$$A_i = \frac{Q_{total}}{V_{rec-m\acute{a}x}} = \frac{4901 \text{ pie}^3/\text{min}}{1000 \text{ pie}/\text{min}} = 4.901 \text{ pie}^2 = 4.901 \text{ pie}^2 \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}}\right)^2 = 0.46 \text{ m}^2$$

3.7.2.4. Cálculo de la pérdida de presión en los conductos de albañilería

a. Cálculo del diámetro equivalente de los conductos

Se emplea la ecuación geométrica del área de la circunferencia y se despeja el diámetro en función del área.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \times 0.34}{\pi}} = 0.6580 \text{ m} = 0.6580 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}}\right) = 26 \text{ pulg.}$$

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \times 0.46}{\pi}} = 0.7653 \text{ m} = 0.7653 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}}\right) = 30 \text{ pulg.}$$

b. Calculo de pérdida de presión longitudinal por cada 100 pies

Se emplea la figura 10 ingresando con caudal y diámetro se obtiene la caída de presión h_{f-l} .

$$- \text{ Con: } D_e = 26 \text{ pulg y } 7358 \text{ cfm} \quad \rightarrow h_{f-l(e)} = 0.18 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pies}}$$

$$- \text{ Con: } D_i = 30 \text{ pulg y } 4901 \text{ cfm} \quad \rightarrow h_{f-l(i)} = 0.06 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pies}}$$

Dado que lo valores de la figura 10 se trata para acero galvanizado, y los conductos propuestos en el proyecto son de albañilería se tomará cuatro veces del valor obtenido para tener el valor corregido de pérdida de fricción longitudinal h_{f-l} .

$$- h_{f-l(e)}^* = 4 \times h_{f-l(e)} = 4 \times 0.18 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pies}} = 0.72 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pies}}$$

$$- h_{f-l(i)}^* = 4 \times h_{f-l(i)} = 4 \times 0.06 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pies}} = 0.24 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pies}}$$

c. Cálculo de pérdida de presión total para del sistema

Es la suma de las pérdidas por fricción longitudinal, pérdidas dinámicas y accesorios como rejillas.

- Pérdidas dinámicas y de accesorios del conducto: Los conductos son tramos rectos de igual sección sólo presenta pérdidas en accesorios como rejillas.

De acuerdo con la tabla 4 las pérdidas dinámicas en las rejillas son las siguientes:

$$H_{rejilla-salida} = 0.06 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

$$H_{rejilla-entrada} = 0.07 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida de presión total P_t del conducto “extracción”

Datos

Longitud del conducto 36.00m (118.11 pies)

01 rejilla de entrada

01 rejilla de salida

Accesorios=0.80pulgH₂O

$$h_{f-l(e)}^* = 0.72 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$$

$$P_{t(e)} = 0.72 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} \times 118.11\text{pies} + 0.060\text{pulgH}_2\text{O} + 0.070\text{pulgH}_2\text{O} \\ + 0.80\text{pulgH}_2\text{O} = 1.78\text{pulgH}_2\text{O} \approx 1.80\text{pulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida de presión total P_t del conducto “inyección”

Datos

Longitud del conducto 36.00m (118.11 pies)

Pérdida en la descarga del ventilador=0.20 PulgH₂O

01 rejilla de entrada

01 rejilla de salida

01 codo de 18"x42"

Pérdida en el filtro de aluminio=0.50 PulgH₂O

$$h_{f-l(i)}^* = 0.24 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}}$$

$$\begin{aligned} P_{t(i)} &= 0.24 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100\text{pies}} \times 118.11\text{pies} + 0.20\text{pulgH}_2\text{O} + 0.060\text{pulgH}_2\text{O} \\ &\quad + 0.07\text{pulgH}_2\text{O} + 0.15\text{pulgH}_2\text{O} + 0.50\text{pulgH}_2\text{O} \\ &= 1.26\text{pulgH}_2\text{O} \approx 1.50\text{pulgH}_2\text{O} \end{aligned}$$

3.7.2.5. Sistema de distribución de aire para cajón de escalera

a. Conducto de acero galvanizado de inyección de aire

Para conductos en este tipo de aplicación y de acuerdo con la tabla 8 la velocidad máxima recomendada para descarga de ventilador es de 1300-2000 pies/min, de ello se tomará una velocidad máxima de 1500 pies/min.

Para calcular el área del conducto se utiliza la figura 10, ingresando con caudal y velocidad recomendada se obtiene el diámetro equivalente y la caída de presión.

$$\begin{aligned} \text{Para } Q_{\text{escalera}} = 4390\text{cfm y } V_{\text{recomendada}} = 1500 \frac{\text{pies}}{\text{s}} \rightarrow D_e = 22 \text{ pulg y } h_{f-l} \\ = 0.13 \text{ pulg}/100\text{pies} \end{aligned}$$

Con el $D_e = 22 \text{ pulg}$ y la tabla 5 se calcula las dimensiones de ducto rectangular

Ducto rectangular de 24"x20"

Ramales 2195 cfm, por el método de igual fricción manteniendo 0.13 pulg/100pies y la figura 10 se obtiene el diámetro equivalente $D_e = 18 \text{ pulg}$

Con el $D_e = 18 \text{ pulg}$ y la tabla 5 se calcula las dimensiones de ducto rectangular

Ducto rectangular de 24"x12"

b. Cálculo de la pérdida de presión en los conductos de aire en el cajón de la escalera

Presenta las siguientes pérdidas:

- Pérdida en la descarga del ventilador=0.20 PulgH₂O
- Pérdida dinámica en la derivación

Del anexo 1 de coeficientes se tiene $C=0.38$

$$H_{f-v} = 0.38 \left(\frac{1300}{4005} \right)^2 = 0.040 \text{ PulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida en la rejilla de impulsión=0.06 PulgH₂O
- Pérdida en el filtro de aluminio=0.50 PulgH₂O

$$P_t = 0.20\text{PulgH}_2\text{O} + 0.04\text{PulgH}_2\text{O} + 0.06\text{PulgH}_2\text{O} + 0.50\text{PulgH}_2\text{O} \\ = 0.80 \text{ PulgH}_2\text{O}$$

3.7.3. Cálculo del caudal para cuarto de bombas y cuarto de acopio

El caudal se calculó de acuerdo con el RNE-EM030, ítem 14.7.1 (2020), debe tener por lo menos un cambio cada 03 minutos.

$$Q = \frac{A_{\text{piso}} \times H}{3}$$

Donde:

Q: Caudal en cfm

A: Área de piso en pie²

H: altura en pie

Datos de arquitectura cuarto de bombas:

Área de piso cuarto de bombas=44.60m²=480.07pie²

Altura del cuarto de bombas=3.00m=9.84pies

$$Q_{\text{cto de bombas}} = \frac{480.07\text{pie}^2 \times 9.84\text{pie}}{3} = 1575 \text{ cfm}$$

Datos de arquitectura cuarto de acopio:

Área de piso cuarto de acopio=6.90m²=74.27pie²

Altura del cuarto de acopio=2.70m=8.86pies

$$Q_{\text{cto de acopio}} = \frac{74.27\text{pie}^2 \times 8.86\text{pie}}{3} = 220 \text{ cfm}$$

3.7.3.1. Sistema de distribución de aire para cuarto de bombas

a. Conducto de acero galvanizado de inyección/extracción de aire

Para conductos en este tipo de aplicación y de acuerdo con la tabla 8, la velocidad máxima recomendada para descarga de ventilador es de 1000-1600 pies/min, por lo que se tomará una velocidad máxima de 1100 pies/min.

Para calcular el área del conducto se utiliza la figura 10, ingresando con caudal y velocidad recomendada se obtiene el diámetro equivalente y la caída de presión.

$$\begin{aligned} \text{Para } Q_{\text{cto. de bombas}} = 1575 \text{ cfm y } V_{\text{recomendada}} = 1100 \frac{\text{pies}}{\text{s}} \rightarrow D_e \\ = 15 \text{ pulg y } h_{f-l} = 0.10 \text{ pulg}/100\text{pies} \end{aligned}$$

Con el $D_e = 15 \text{ pulg}$ y la tabla 5 se calcula las dimensiones de ducto rectangular

Ducto rectangular de 15"x15" en el cuarto de máquinas y 34"x6" en el semisótano.

b. Cálculo de la pérdida de presión en los conductos de inyección y extracción

Presenta las siguientes pérdidas:

- Pérdida en la descarga del ventilador=0.20 PulgH₂O
- Pérdida dinámica en codo de 90° liso rectangular

De la tabla 6 de coeficientes se tiene C=0.18

$$H_{f-v} = 0.18 \left(\frac{1100}{4005} \right)^2 = 0.014 \text{ PulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida longitudinal en acero galvanizado 21m (68.89 pies)

$$H_{f-l} = 0.10 \frac{\text{pulg}}{100\text{pies}} \times 68.89\text{pies} = 0.07 \text{ PulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida longitudinal en albañilería 6.50m (21.33 pies)

$$H_{f-l} = 4 \times 0.10 \frac{\text{pulg}}{100\text{pies}} \times 21.33\text{pies} = 0.09 \text{ PulgH}_2\text{O}$$

- Pérdida en la rejilla de extracción=0.07 PulgH₂O
- Pérdida en la rejilla de descarga=0.07 PulgH₂O

- Pérdida en diez derivaciones=1.00 PulgH₂O

$$P_t = 0.20\text{PulgH}_2\text{O} + 2 \times 0.014\text{PulgH}_2\text{O} + 2 \times 0.07\text{PulgH}_2\text{O} + 0.09\text{PulgH}_2\text{O} + 1.00\text{PulgH}_2\text{O} \approx 1.60 \text{PulgH}_2\text{O}$$

3.7.4. Resumen de caudales y pérdida de presión

Tabla 9

Sistema de monóxido

UBICACIÓN	TIPO	CAUDAL CFM	CAIDA DE PRESIÓN PULGH ₂ O
SOTANO1	EXTRACTOR	4620	1.00
SEMISOTANO	EXTRACTOR	4414	1.00
SOTANO1	INYECTOR 1	1155	0.50
SOTANO1	INYECTOR 2	1155	0.50
SOTANO1	INYECTOR 3	2310	0.50

Tabla 10

Sistema de vestíbulo

UBICACIÓN	TIPO	CAUDAL CFM	CAIDA DE PRESIÓN PULGH ₂ O
TECHO	EXTRACTOR	7358	1.80
TECHO	INYECTOR 1	4901	1.50
TECHO	INYECTOR 2	4390	0.80
VESTÍBULO	EXTRACTOR	566	0.20
VESTÍBULO	INYECTOR	377	0.20

Tabla 11

Sistema de cuarto de bombas y acopio

UBICACIÓN	TIPO	CAUDAL CFM	CAIDA DE PRESIÓN PULGH ₂ O
CUARTO DE BOMBAS	EXTRACTOR	1575	1.60
CUARTO DE BOMBAS	INYECTOR	1575	1.60
CUARTO DE ACOPIO	INYECTOR	220	0.30

3.7.5. Cálculo de potencias de los ventiladores

Se calcula siguiendo la ecuación 29:

$$P_A = \frac{Q \cdot P_t}{6356 \cdot \eta}$$

Donde:

P_A: Presión absorbida del motor (HP)

Q: Caudal o flujo volumétrico (pies³/min)

P_t: Presión total (pulg H₂O)

η: Eficiencia del ventilado

Monóxido

$$P_{A@4620} = \frac{4620 \times 1.00}{6356 \times 0.65} = 1.20HP \approx 2.0HP$$

$$P_{A@4414} = \frac{4414 \times 1.00}{6356 \times 0.65} = 1.10HP \approx 2.0HP$$

$$P_{A@1155} = \frac{1155 \times 0.50}{6356 \times 0.65} = 0.15HP \approx 0.50HP$$

$$P_{A@2310} = \frac{2310 \times 0.50}{6356 \times 0.65} = 0.28HP \approx 0.50HP$$

Vestíbulo

$$P_{A@7356} = \frac{7356 \times 1.80}{6356 \times 0.65} = 3.20HP \approx 4.0HP$$

$$P_{A@4901} = \frac{4901 \times 1.50}{6356 \times 0.65} = 1.78HP \approx 3.0HP$$

$$P_{A@4390} = \frac{4390 \times 0.80}{6356 \times 0.65} = 0.85HP \approx 1.5HP$$

$$P_{A@566} = \frac{566 \times 0.20}{6356 \times 0.65} = 0.03HP \approx 50W$$

$$P_{A@377} = \frac{377 \times 0.20}{6356 \times 0.65} = 0.02HP \approx 50W$$

Cuarto de bomba y acopio

$$P_{A@1575} = \frac{1575 \times 1.60}{6356 \times 0.65} = 0.60HP \approx 1.0HP$$

$$P_{A@220} = \frac{220 \times 0.30}{6356 \times 0.65} = 0.016HP \approx 50W$$

3.7.6. Cálculo número de Jet Fan

- Área de piso del estacionamiento incluyendo circulación peatonal (A_f) = 628.00m²

- Número de renovaciones = $5 \text{ renov/h} = 0.001389 \text{ renov/s}$
- Del plano de arquitectura longitud media $L_m = 35m$

Reemplazando en la ecuación 31:

$$V_{ind} = L_m \times \frac{\text{Renovaciones}}{s} = 35 \times 0.001389 = 0.048615 \text{ m/s} \rightarrow V_{ind} = 0.25 \text{ m/s}$$

Se selecciona el modelo CI-CO de SODECA con las siguientes características:

- Longitud de dardo: 18.84m
- F= empuje 11N
- Caudal= 1483 cfm
- Velocidad de salida del aire= 14m/s

Utilizando la ecuación 33:

$$S_{pn} = \frac{F}{0.52 \times 1.20 \times V_{ind}^2} = \frac{11}{0.52 \times 1.20 \times 0.25^2} = 282.05m^2$$

Utilizando la ecuación 32:

$$\text{Número de Jet Fan} = \frac{A_f}{S_{pn}} = \frac{628}{282.05} = 2.2$$

Respuesta: se requiere 03 jet fan por sótano

IV. Conclusiones

- Para el sistema de extracción de monóxido del estacionamiento sótano 1, se concluye que de los tres cálculos solicitados por el RNE, el de mayor caudal es 4 620 cfm, el que se calculó con un cambio cada doce minutos o cinco renovaciones por hora.
- Para el sistema de extracción de monóxido del estacionamiento semisótano, se concluye que de los tres cálculos solicitados por el RNE, el de mayor caudal es 4 414 cfm, el que se calculó con un cambio cada doce minutos o cinco renovaciones por hora.
- Respecto al sistema de ventilación de vestíbulo previo para la inyección de aire el caudal es de 377 cfm, y para la extracción es de 566 cfm, con 60 cambios cada hora y 90 cambios cada hora, respectivamente.
- En relación al sistema de ventilación de vestíbulo previo para la inyección de aire para el cajón de la escalera, el caudal es de 4 390 cfm, respetando el cálculo a puertas cerradas de ASHRAE.
- En relación al sistema de ventilación de cuarto de acopio y cuarto de bombas, el caudal es de 1 575 cfm y 220 cfm, respectivamente.
- También se concluye que la velocidad de inducción de jet fan es menor a la recomendada por ASHRAE que es de 0.25 m/s.
- Finalmente, los números de jet fan calculado para poder diluir el monóxido en el estacionamiento son de 3 unidades por sótano. Con ello se ayudará a disipar de manera eficiente la concentración de monóxido, ya que ello induce el movimiento de aire en toda el área del estacionamiento, evitando la existencia de aire estancado como sucede en las redes con ductos en acero galvanizado.

V. Recomendaciones

- Se recomienda que los cálculos de caudal para los estacionamientos se realicen en base a los tres métodos exigidos en el RNE, tomando el mayor valor de estos tres valores obtenidos.
- Se recomienda que el diseño para estacionamientos se realice con equipos Jet Fan, debido a que estos evitan la instalación de ductos metálicos y/o ductos enterrados de mampostería de gran dimensión que puedan interferir con otras especialidades.
- Se recomienda para el dimensionamiento de ductos de mampostería “albañilería” utilizar una velocidad de 1800-2000 pies/min para el caso de la

extracción y de 800-1000 pies/min para el suministro de aire “aportación”, de acuerdo a lo señalado por ASHRAE.

- Se recomienda instalar un tablero de control por cada sótano, para que el funcionamiento de extracción de monóxido sea por sótano, al detectar una concentración de monóxido mayor a 35ppm, esto por ahorro de energía y evitar el encendido de todos los equipos de los sótanos que ocasionarían un mayor consumo de energía innecesario.
- Se recomienda instalar un inyector y extractor en el techo para los vestíbulos para que ayuden a la aportación de aire y extracción de humos, realizados por los ventiladores axiales instalados en cada vestíbulo.
- Se recomienda diseñar previamente considerando las normas nacionales e internacionales para los cálculos, y evitar posteriores observaciones.

VI. Bibliografía

- ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook: Fundamentals* (I-P Edition). ASHRAE Research.
- ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications*. ASHRAE Research.
- ASHRAE. (2019). *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications* (SI Edition). ASHRAE Research.
- Carnicer, E. (2001). *Ventilación Industrial* (4a ed.). Madrid: Paraninfo Editorial.
- Cengel, Y., & Cimbala, J. (2012). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones* (2a ed.). McGraw-Hill.
- COINREFRI AIR. (2020). *COINREFRI AIR-Nosotros*. <https://coinrefriair.com/nosotros/>
- Mott, R., & Untener, J. (2015). *Mecánica de Fluidos* (7a ed.). México: Pearson.
- National Fire Protection Association [NFPA]. (2018). *NFPA 101 Código de Seguridad Humana*. (Instituto Argentino de Normalización, Trad.) National Fire Protection Association.
- Norma G.010 Consideraciones Básicas. (2021, 4 de noviembre). *Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2364029/01%20G.010%20CONSIDERACIONES%20BASICAS.pdf>
- Norma Técnica A.010 Condiciones Generales de Diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones. (2021, 7 de julio).
<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Norma Técnica EM.030 Instalaciones de Ventilación del Reglamento Nacional de Edificaciones y dictan otras disposiciones. (2020, 22 de setiembre). *RESOLUCION MINISTERIAL N° 232-2020-VIVIENDA*.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-la-norma-tecnica-em030-instalaciones-de-ventilaci-resolucion-ministerial-no-232-2020-vivienda-1887042-2/>
- Norma Técnica G.40, Definiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. (2021, 29 de enero). *Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2365098/04%20G.040%20DEFINICIONES_RM%20N%C2%B0%20029-2021-VIVIENDA.pdf

Pita, E. (1994). *Acondicionamiento de aire: Principios y Sistemas*. Cecsa.

Salvador Escoda S.A. (2002). *Manual Práctico de Ventilación* (2a ed.). Barcelona: Soler & Palau, Salvador Escoda S.A.

Soler & Palau. (2020). *Manual de Ventilación*. Soler & Palau Ventilation Group.

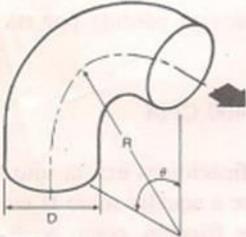
VII. Anexos/Ilustraciones

Anexo 1. Detalle de coeficientes “C”

TABLA 8.4. COEFICIENTES DE PÉRDIDA, CODOS

Usar la presión de velocidad (H_v) de la sección corriente arriba. Pérdida de la conexión (H_c) = C X H_v

A. Codo de radio (troquelado), redondo



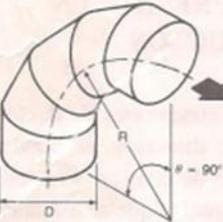
Coeficientes para codos de 90° (ver nota)

R/D	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5
C	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12

Nota: Para ángulos distintos de 90°, multiplicar por los siguientes factores:

#	0°	20°	30°	45°	60°	75°	90°	110°	130°	150°	180°
K	0	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

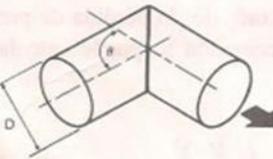
B. Codo redondo, de 3 a 5 partes, 90°



Coeficiente C

No. of Pieces	R/D				
	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
5	—	0.46	0.33	0.24	0.19
4	—	0.50	0.37	0.27	0.24
3	0.98	0.54	0.42	0.34	0.33

C. Codo de ángulo, redondo

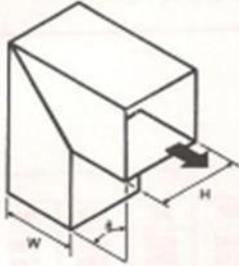


Coeficiente C

#	20°	30°	45°	60°	75°	90°
C	0.08	0.16	0.34	0.55	0.81	1.2

TABLA 8.4. (Continuación)

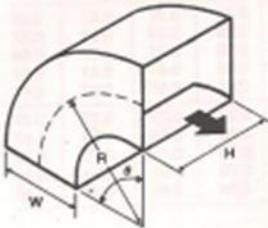
D. Codo de ángulo, rectangular



θ	Coeficiente C										
	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	0.15	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

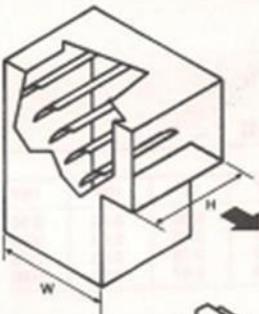
E. Codo, rectangular de radio uniforme sin álabes

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	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.20	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

F. Codo, rectangular, en ángulo, con álabes de direccionamiento



ÁLABES DE ESPESOR SENCILLO

*No.	Dimensiones, pulgadas			Coeficiente C
	R	S	L	
1*	2.0	1.5	0.75	0.12
2	4.5	2.25	0	0.15
3	4.5	3.25	1.60	0.18

*Los números son sólo referencia

ORILLA POSTERIOR

Cuando no se tiene extensión de la orilla posterior para este codo, las pérdidas permanecen aproximadamente igual para codos sencillos, pero aumentan mucho para codos en serie



ÁLABES DE ESPESOR DOBLE

Coeficiente C

*No.	Dimensiones, in		Velocidad (V), ft/min				Observaciones
	R	S	1000	2000	3000	4000	
1	2.0	1.5	0.27	0.22	0.19	0.17	Embossed Vane Runner
2	2.0	1.5	0.33	0.29	0.26	0.23	Push-On Vane Runner
3	2.0	2.13	0.38	0.31	0.27	0.24	Embossed Vane Runner
4	4.5	3.25	0.26	0.21	0.18	0.16	Embossed Vane Runner

*Los números son sólo referencia

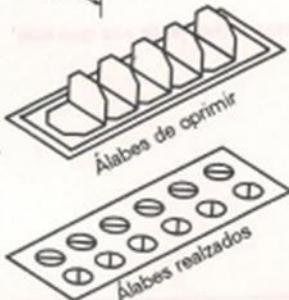


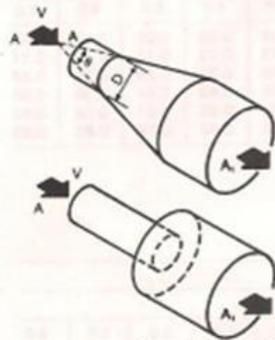
Figura 18. Coeficiente de pérdidas, codos

Nota. Tomado de Capítulo 8: Flujo de fluidos en tuberías y codos, de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

TABLA 8.5. COEFICIENTES DE PÉRDIDA PARA TRANSICIONES (FLUJOS DIVERGENTES)

Use la presión de velocidad (H_v) en la sección corriente arriba. Pérdida de la conexión (H_c) = $C \times H_v$

A. Transición, redonda, cónica



Cuando $\theta = 180^\circ$

$R_v = 8.56 DV$

en la cual

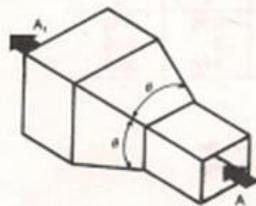
D = Diámetro corriente arriba (pulgadas)

V = Velocidad corriente arriba (ft/min)

Coeficiente C (ver nota)

R_v	A_1/A	θ							
		16°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
0.5×10^5	2	0.14	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
	4	0.23	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62
	6	0.27	0.33	0.48	0.66	0.77	0.74	0.73	0.72
	10	0.29	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83
	≥ 16	0.31	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88
2×10^5	2	0.07	0.12	0.23	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26
	4	0.15	0.18	0.36	0.55	0.59	0.59	0.58	0.57
	6	0.19	0.28	0.44	0.90	0.70	0.71	0.71	0.69
	10	0.20	0.24	0.43	0.76	0.80	0.81	0.81	0.81
	≥ 16	0.21	0.28	0.52	0.76	0.87	0.87	0.87	0.87
$\geq 6 \times 10^4$	2	0.05	0.07	0.12	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
	4	0.17	0.24	0.38	0.51	0.56	0.58	0.58	0.57
	6	0.16	0.29	0.46	0.60	0.69	0.71	0.70	0.70
	10	0.21	0.33	0.52	0.60	0.76	0.83	0.84	0.83
	≥ 16	0.21	0.34	0.56	0.72	0.79	0.85	0.87	0.89

B. Transición, rectangular, piramidal



Cuando $\theta = 180^\circ$

Coeficiente C (ver nota 1)

A_1/A	θ							
	16°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
2	0.18	0.22	0.25	0.29	0.31	0.32	0.33	0.30
4	0.36	0.43	0.50	0.56	0.61	0.63	0.63	0.63
6	0.42	0.47	0.58	0.68	0.72	0.76	0.76	0.75
≥ 10	0.42	0.49	0.59	0.70	0.80	0.87	0.85	0.86

Nota: A = área, corriente de aire que entra, A_1 = área, corriente de aire que sale

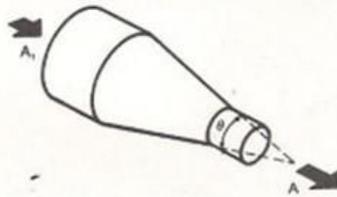
Reproducido con autorización del manual "HVAC Systems — Duct Design", SMACNA, segunda edición, 1981.

Figura 19. Coeficientes de pérdida para transiciones (flujos divergentes)

Nota. Tomado de Capítulo 8: Flujo de fluidos en tuberías y codos, de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

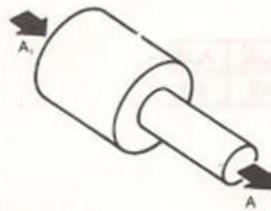
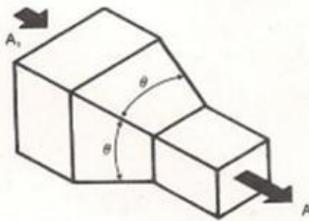
TABLA 8.6. COEFICIENTES DE PÉRDIDA EN TRANSICIONES (FLUJOS CONVERGENTES)
 Usar la presión de velocidad (H_v) de la sección corriente abajo. Pérdida en la conexión = $C \times H_v$

A. Contracción. Redonda y rectangular, gradual a abrupta



Coeficiente C (ver nota)

A ₁ /A	θ						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43



Cuando $\theta = 180^\circ$

Nota: A₁ = área de la corriente que entra, A = área de la corriente que sale

Reproducido con autorización del manual "HVAC Systems — Duct Design" SMACNA, segunda edición, 1981

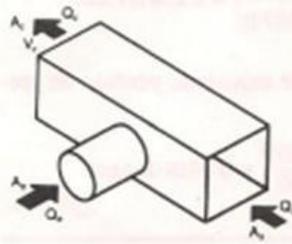
Figura 20. Coeficientes de pérdida en transiciones (flujos convergentes)

Nota. Tomado de Capítulo 8: Flujo de fluidos en tuberías y codos, de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

TABLA 8.7. COEFICIENTES DE PÉRDIDA, UNIONES CONVERGENTES

Usar la presión de velocidad (H_v) en la sección corriente abajo. Pérdida de la conexión = $C \times H_v$

A. Te convergente. Ramal redondo a cabezal rectangular



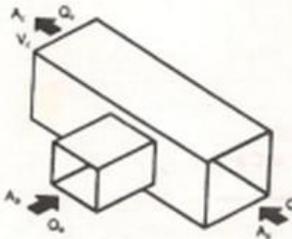
Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_1	Q_2/Q_1									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.63	-.55	0.13	0.23	0.78	1.30	1.93	3.10	4.88	5.80
> 1200 ft/min	-.49	-.21	0.23	0.60	1.27	2.06	2.75	3.70	4.93	5.95

Quando:

A_2/A_1	A_2/A_3	A_2/A_1
0.5	1.0	0.5

B. Te convergente. Ramal y cabezal rectangulares



Ramal, coeficiente C (ver nota)

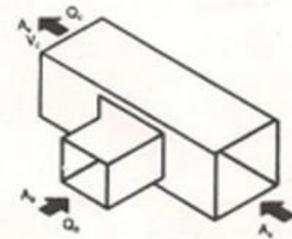
V_1	Q_2/Q_1									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.75	-.53	-.03	0.33	1.03	1.10	2.15	2.93	4.18	4.78
> 1200 ft/min	-.69	-.21	0.23	0.67	1.17	1.66	2.67	3.36	3.93	5.13

Quando:

A_2/A_1	A_2/A_3	A_2/A_1
0.5	1.0	0.5

Nota: A = área, in² Q = flujo de aire, CFM, V = velocidad (ft/min)

C. Te convergente. entrada 45° al cabezal rectangular



Quando:

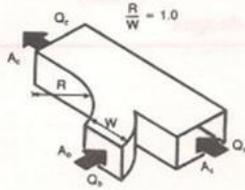
A_2/A_1	A_2/A_3	A_2/A_1
0.5	1.0	0.5

Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_1	Q_2/Q_1									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.83	-.68	-.30	0.28	0.55	1.03	1.50	1.93	2.50	3.03
> 1200 ft/min	-.72	-.52	-.23	0.34	0.78	1.14	1.83	2.01	2.90	3.63

TABLA 8.7. (Continuación).

D. Ye convergente, rectangular



		Ramal, coeficiente (ver nota)									
A_2/A_1	A_2/A_2	Q_2/Q_1									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.25	0.25	-0.50	0	0.50	1.2	2.2	3.7	5.8	8.4	11	
0.33	0.25	-1.2	-0.40	0.40	1.6	3.0	4.8	6.8	8.9	11	
0.5	0.5	-0.50	-0.20	0	0.25	0.45	0.70	1.0	1.5	2.0	
0.67	0.5	-1.0	-0.60	-0.20	0.10	0.30	0.60	1.0	1.5	2.0	
1.0	0.5	-2.2	-1.5	-0.95	-0.50	0	0.40	0.80	1.3	1.9	
1.0	1.0	-0.60	-0.30	-0.10	-0.04	0.13	0.21	0.29	0.36	0.42	
1.33	1.0	-1.2	-0.80	-0.40	-0.20	0	0.16	0.24	0.32	0.38	
2.0	1.0	-2.1	-1.4	-0.90	-0.50	-0.20	0	0.20	0.25	0.30	

		Cabezal, coeficiente C (ver nota)									
A_1/A_2	A_1/A_1	Q_1/Q_2									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.75	0.25	0.30	0.30	0.20	-0.10	-0.45	-0.92	-1.5	-2.0	-2.6	
1.0	0.5	0.17	0.16	0.10	0	-0.08	-0.18	-0.27	-0.37	-0.46	
0.75	0.5	0.27	0.35	0.32	0.25	0.12	-0.03	-0.23	-0.42	-0.58	
0.5	0.5	1.2	1.1	0.90	0.65	0.35	0	-0.40	-0.80	-1.3	
1.0	1.0	0.18	0.24	0.27	0.26	0.23	0.18	0.10	0	-0.12	
0.75	1.0	0.75	0.36	0.38	0.35	0.27	0.18	0.05	-0.08	-0.22	
0.5	1.0	0.80	0.87	0.80	0.68	0.55	0.40	0.25	0.08	-0.10	

Reproducido con autorización del manual "HVAC Systems — Duct Design", SMACNA, segunda edición, 1981

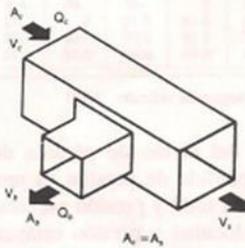
Figura 21. Coeficientes de pérdida, uniones convergentes

Nota. Tomado de Capítulo 8: Flujo de fluidos en tuberías y codos, de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

TABLA 8.8. COEFICIENTES DE PÉRDIDAS, UNIONES DIVERGENTES

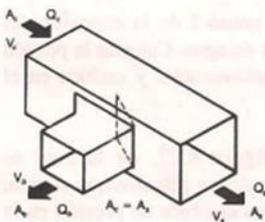
Usar la presión de velocidad (H_v) de la sección corriente arriba. Pérdida en la conexión (H_f) = $C \times H_v$

A. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares



		Ramal, coeficiente C (ver nota)									
V_2/V_1	V_2/V_2	Q_2/Q_1									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.2	0.91										
0.4	0.81	0.79									
0.6	0.77	0.72	0.70								
0.8	0.78	0.73	0.69	0.66							
1.0	0.78	0.98	0.85	0.79	0.74						
1.2	0.90	1.11	1.16	1.23	1.03	0.86					
1.4	1.19	1.22	1.26	1.29	1.54	1.25	0.92				
1.6	1.35	1.42	1.55	1.59	1.63	1.50	1.31	1.09			
1.8	1.44	1.50	1.75	1.74	1.72	2.24	1.63	1.40	1.17		

B. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares con compuerta

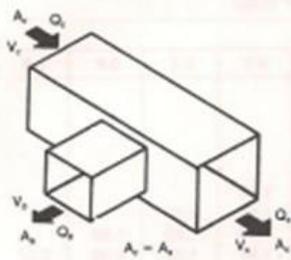


		Ramal, coeficiente C (ver nota)									
V_2/V_1	V_2/V_2	Q_2/Q_1									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.2	0.61										
0.4	0.46	0.61									
0.6	0.43	0.50	0.54								
0.8	0.39	0.43	0.62	0.53							
1.0	0.34	0.57	0.77	0.73	0.68						
1.2	0.37	0.64	0.85	0.98	1.07	0.83					
1.4	0.57	0.71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

Nota: A = área, in², Q = flujo de aire cfm, V = velocidad, pies por minuto.

TABLA 8.8. (Continuación).

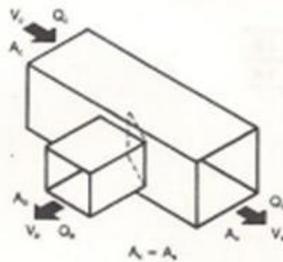
C. Te. Cabezal y ramal rectangulares



Ramal, coeficiente C (ver notas)

V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.03								
0.4	1.04	1.01							
0.6	1.11	1.03	1.05						
0.8	1.16	1.21	1.17	1.12					
1.0	1.38	1.40	1.30	1.36	1.27				
1.2	1.52	1.61	1.68	1.91	1.47	1.66			
1.4	1.79	2.01	1.90	2.31	2.28	2.20	1.95		
1.6	2.07	2.28	2.13	2.71	2.99	2.81	2.09	2.20	
1.8	2.32	2.54	2.64	3.09	3.72	3.48	2.21	2.29	2.57

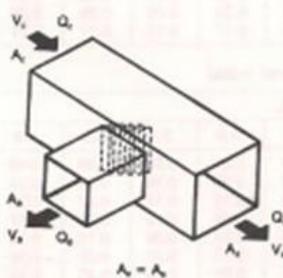
D. Te. Cabezal y ramal rectangulares, con compuerta



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.58								
0.4	0.67	0.64							
0.6	0.78	0.76	0.75						
0.8	0.88	0.98	0.81	1.01					
1.0	1.12	1.05	1.08	1.18	1.29				
1.2	1.49	1.48	1.40	1.51	1.70	1.91			
1.4	2.10	2.21	2.25	2.29	2.32	2.48	2.53		
1.6	2.72	3.30	2.84	3.09	3.30	3.19	3.29	3.16	
1.8	3.42	4.58	3.65	3.92	4.20	4.15	4.14	4.10	4.05

E. Te. Cabezal y ramal rectangulares con extractor



Ramal, coeficiente C (ver nota)

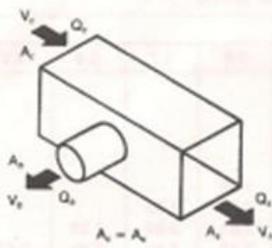
V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.60								
0.4	0.62	0.69							
0.6	0.74	0.80	0.82						
0.8	0.99	1.10	0.95	0.90					
1.0	1.48	1.12	1.41	1.24	1.21				
1.2	1.91	1.33	1.43	1.52	1.55	1.64			
1.4	2.47	1.67	1.70	2.04	1.86	1.98	2.47		
1.6	3.17	2.40	2.33	2.53	2.31	2.51	3.13	3.25	
1.8	3.85	3.37	2.89	3.23	3.09	3.03	3.30	3.74	4.11

Cabezal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
C	0.03	0.04	0.07	0.12	0.13	0.14	0.27	0.30	0.25

TABLA 8.8. (Continuación)

F. Te. Cabezal rectangular con ramal redondo



Ramal, coeficiente C (véase nota)

V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.00								
0.4	1.01	1.07							
0.6	1.14	1.10	1.08						
0.8	1.18	1.31	1.12	1.13					
1.0	1.30	1.38	1.20	1.23	1.26				
1.2	1.46	1.58	1.45	1.31	1.39	1.48			
1.4	1.70	1.82	1.65	1.51	1.58	1.64	1.71		
1.6	1.93	2.06	2.00	1.85	1.70	1.76	1.80	1.88	
1.8	2.06	2.17	2.20	2.13	2.06	1.98	1.99	2.00	2.07

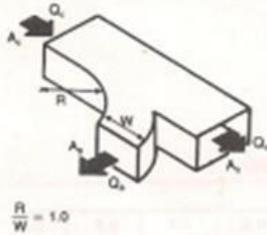
G. Te. Cabezal rectangular con ramal cónico (2)



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_1	0.40	0.50	0.75	1.0	1.3	1.5
C	0.80	0.83	0.90	1.0	1.1	1.4

H. Ye. Rectangular (15)



Ramal, coeficiente C (ver nota)

A_2/A_1	A_3/A_1	Q_2/Q_1								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	0.55	0.50	0.60	0.85	1.2	1.8	3.1	4.4	6.0
0.33	0.25	0.35	0.35	0.50	0.80	1.3	2.0	2.8	3.8	5.0
0.5	0.5	0.62	0.48	0.40	0.40	0.48	0.60	0.78	1.1	1.5
0.67	0.5	0.52	0.40	0.32	0.30	0.34	0.44	0.62	0.92	1.4
1.0	0.5	0.44	0.38	0.38	0.41	0.52	0.68	0.92	1.2	1.6
1.0	1.0	0.67	0.55	0.46	0.37	0.32	0.29	0.29	0.30	0.37
1.33	1.0	0.70	0.60	0.51	0.42	0.34	0.28	0.26	0.26	0.29
2.0	1.0	0.60	0.52	0.43	0.33	0.24	0.17	0.15	0.17	0.21

Ramal de 90°

Cabezal, coeficiente C (ver nota)

A_2/A_1	A_3/A_1	Q_2/Q_1								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-0.1	-0.3	-0.1	0.05	0.13	0.21	0.29	0.38	0.46
0.33	0.25	0.08	0	-0.02	-0.01	0.02	0.08	0.16	0.24	0.34
0.5	0.5	-0.3	-0.6	-0.5	0	0.06	0.12	0.19	0.27	0.35
0.67	0.5	0.04	-0.02	-0.04	-0.03	-0.01	0.04	0.12	0.23	0.37
1.0	0.5	0.72	0.48	0.28	0.13	0.05	0.04	0.09	0.18	0.30
1.0	1.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.1	0.06	0.13	0.22	0.30	0.38
1.33	1.0	0.10	0	0.01	-0.03	-0.01	0.03	0.10	0.20	0.30
2.0	1.0	0.62	0.38	0.23	0.13	0.08	0.05	0.06	0.10	0.20

Reproducido con autorización del manual "HVAC System — Duct Design", SMACNA, segunda edición, 1981

Figura 22. Coeficientes de pérdida, uniones divergentes

Nota. Tomado de Capítulo 8: Flujo de fluidos en tuberías y codos, de Acondicionamiento de aire, por Edward G. Pita (1994)

Anexo 2. Planos del proyecto

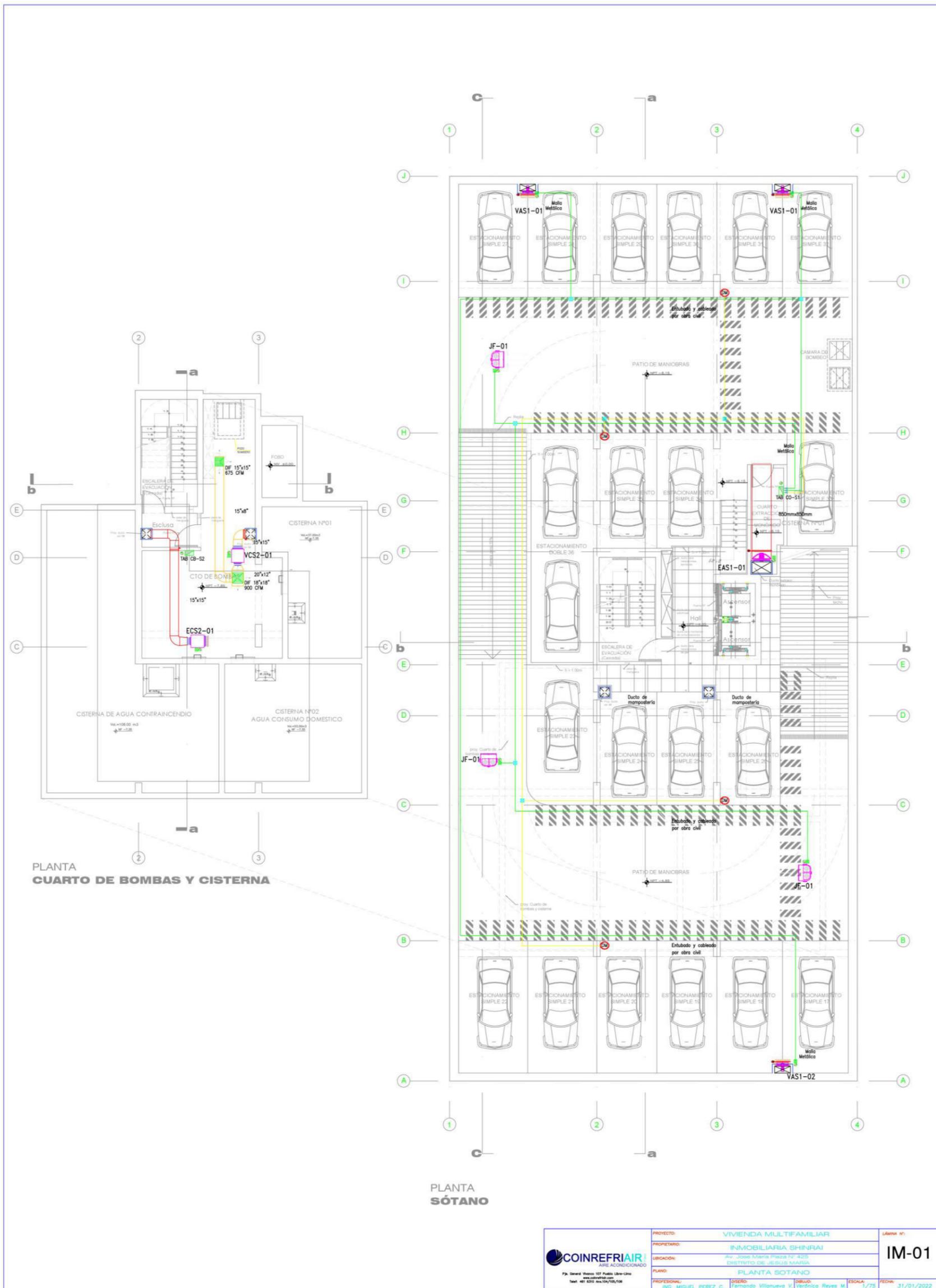
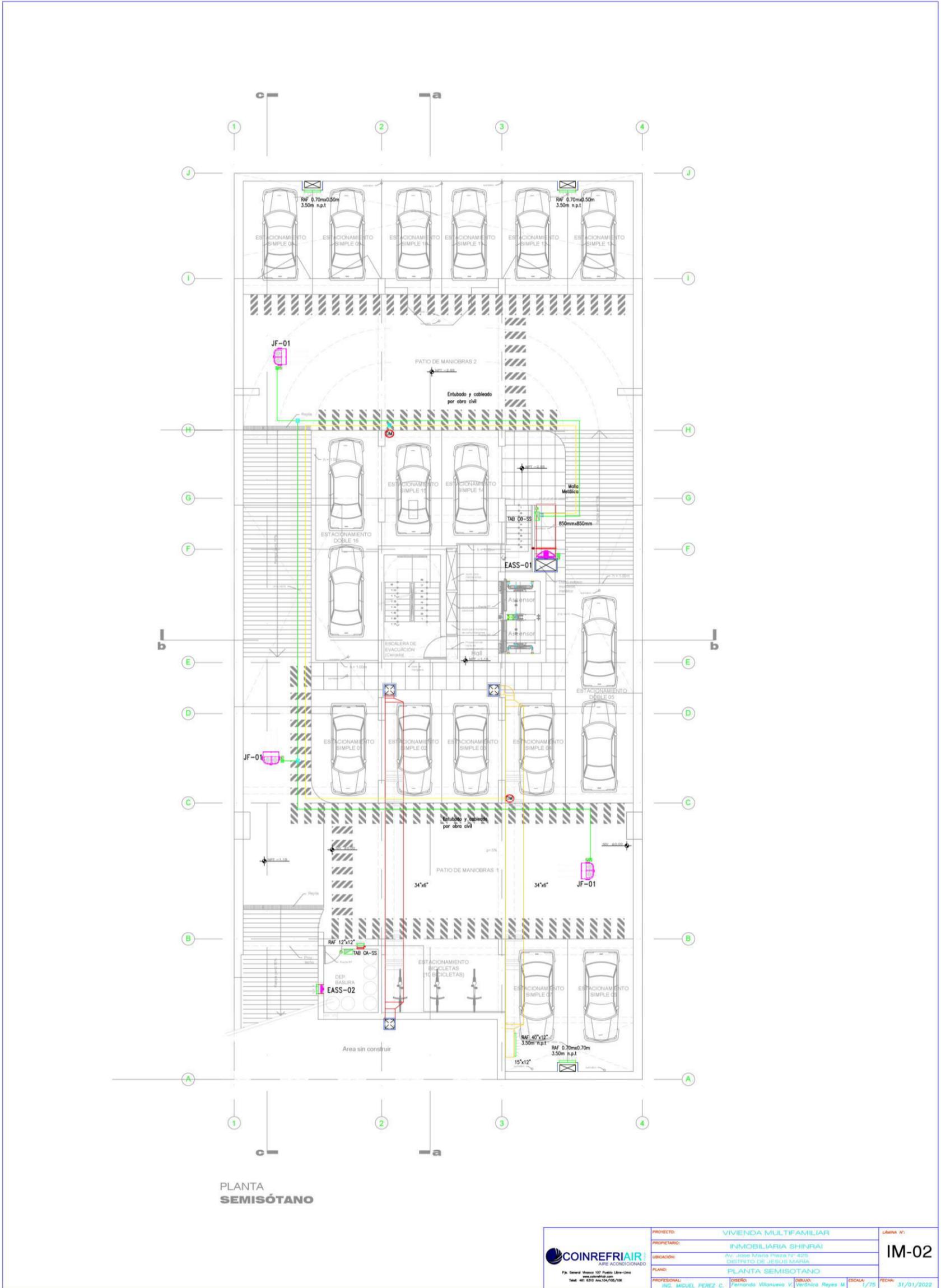


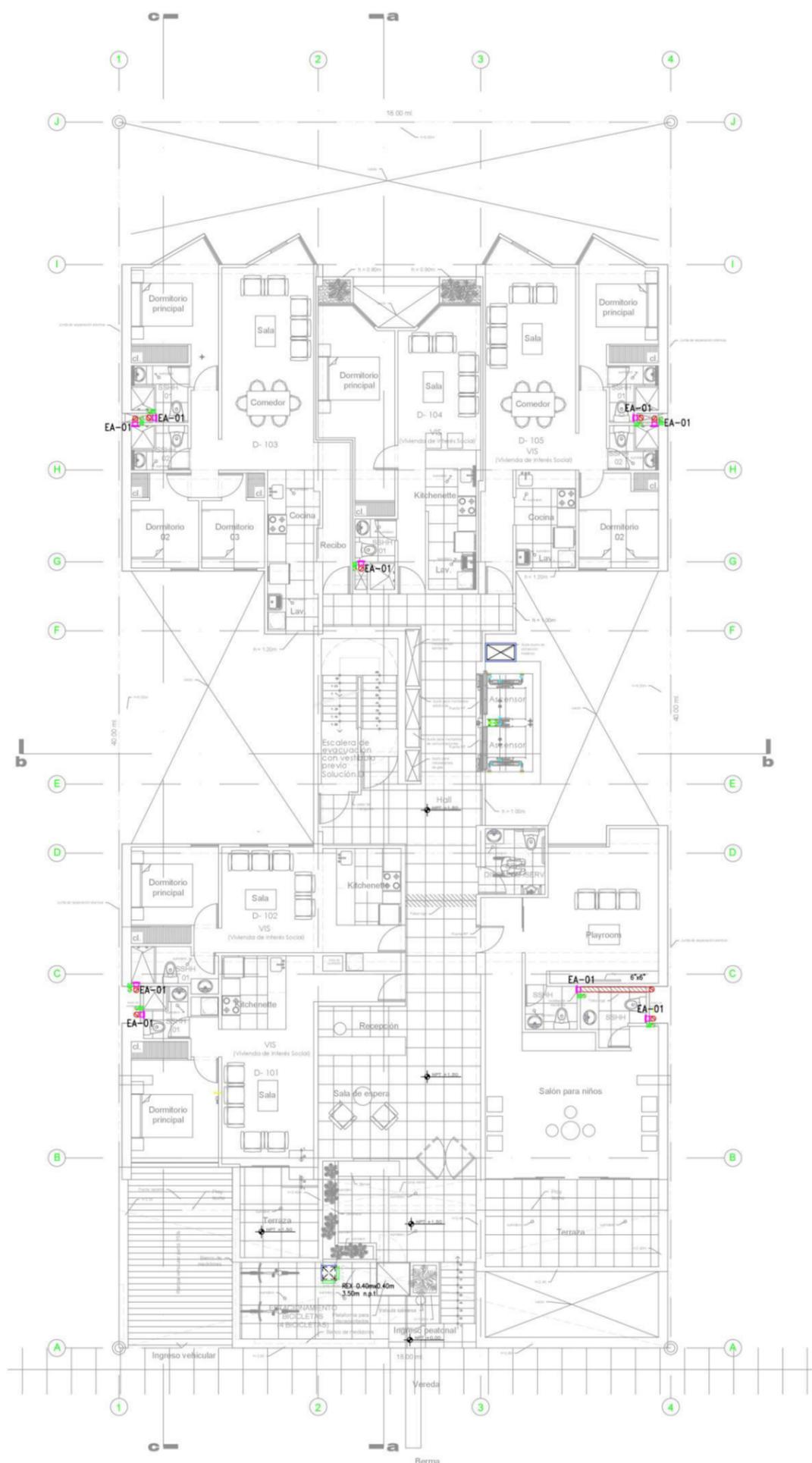
Figura 23. Planta Sótano y Cuarto de bombas, y cisterna



PLANTA SEMISÓTANO

<p>COINREFRIAIR ARE ACONDICIONADO</p> <p>Pk. General Vares 107 Pucallpa - Ucayali www.coinrefriair.com Tel: 461 830 Aca/194/95/108</p>	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	LÁMINA N.º:	IM-02	
	PROPIETARIO:	INMOBILIARIA SHINRAI			
	UBICACIÓN:	Av. José Matto Píezza N.º 425 DISTRITO DE JESUS MARIA			
	PLANO:	PLANTA SEMISOTANO			
PROFESIONAL:	ING. MIGUEL PEREZ C.	DISEÑO: Fernando Villanueva V.	DIBUJO: Verónica Reyes M.	ESCALA: 1/25	FECHA: 31/01/2022

Figura 24. Planta Semisótano



**PLANTA
PRIMER PISO**

<p>COINREFRIAIR ARE ACORDIONADO</p> <p>P.O. General: Vicoso 127 Puente Libre - Lima www.coinrefriair.com Tel: 411 8370 Av. 124/125/126</p>	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	LÍNEA Nº:	IM-03	
	PROPIETARIO:	INMOBILIARIA SHINRAI			
	UBICACIÓN:	Av. José María Pizaro N° 425 DISTRITO DE JESÚS MARÍA			
	PLANO:	PLANTA PRIMER PISO			
PROFESIONAL:	ING. MIGUEL PEREZ C.	DISEÑO: Fernando Villanueva V.	DEBIDO: Verónica Reyes M.	ESCALA: 1/75	FECHA: 31/01/2022

Figura 25. Planta Primer piso

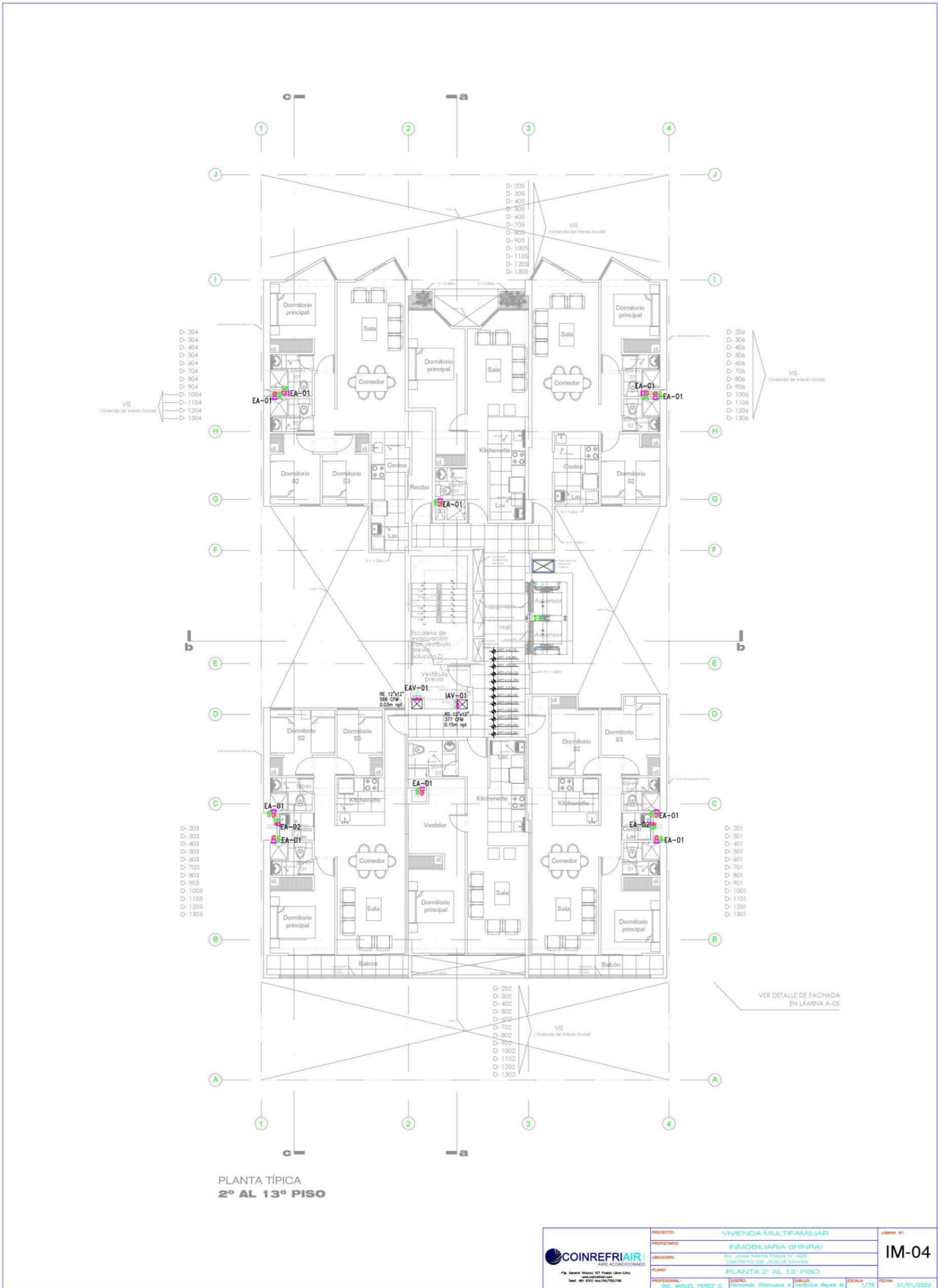
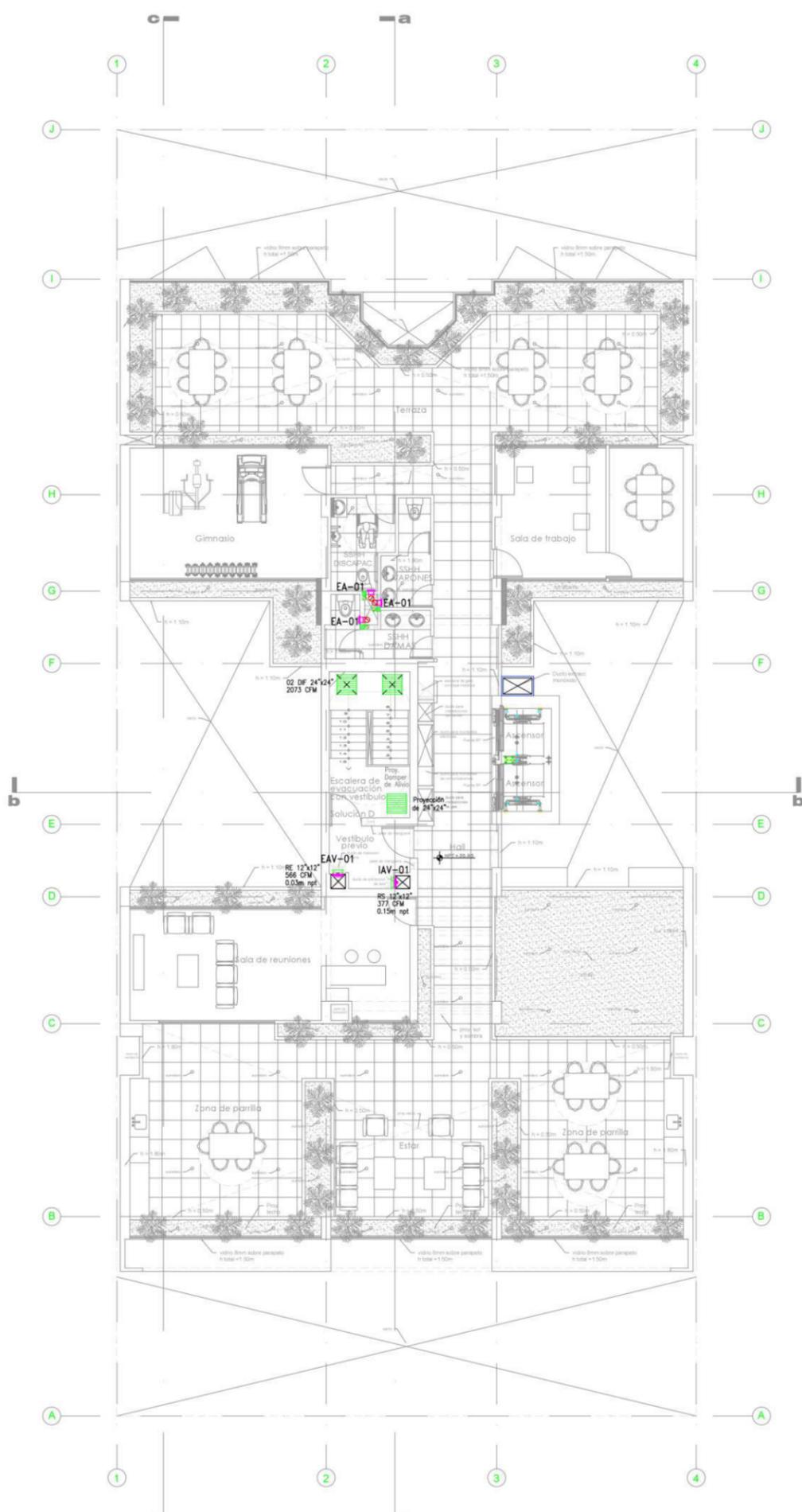


Figura 26. Planta Típica 2º al 13º piso



PLANTA
AZOTEA

<p>COINREFRIAIR ARE ACONDICIONADO</p> <p>P.º General: Vicoso 107 Pucallpa - Ucayali www.coinrefriair.com Telf: 461 8200 Aca/104/105/106</p>	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	LÁMINA N.º:	IM-05	
	PROPIETARIO:	INMOBILIARIA SHINRAI			
	UBICACIÓN:	Av. José María Plaza N.º 425 DISTRITO DE JESÚS MARÍA			
	PLANO:	PLANTA AZOTEA			
PROFESIONAL:	ING. MIGUEL PÉREZ C.	DISEÑO: Fernando Villanueva V.	DIBUJO: Verónica Reyes M.	ESCALA: 1/75	FECHA: 31/01/2022

Figura 27. Planta Azotea

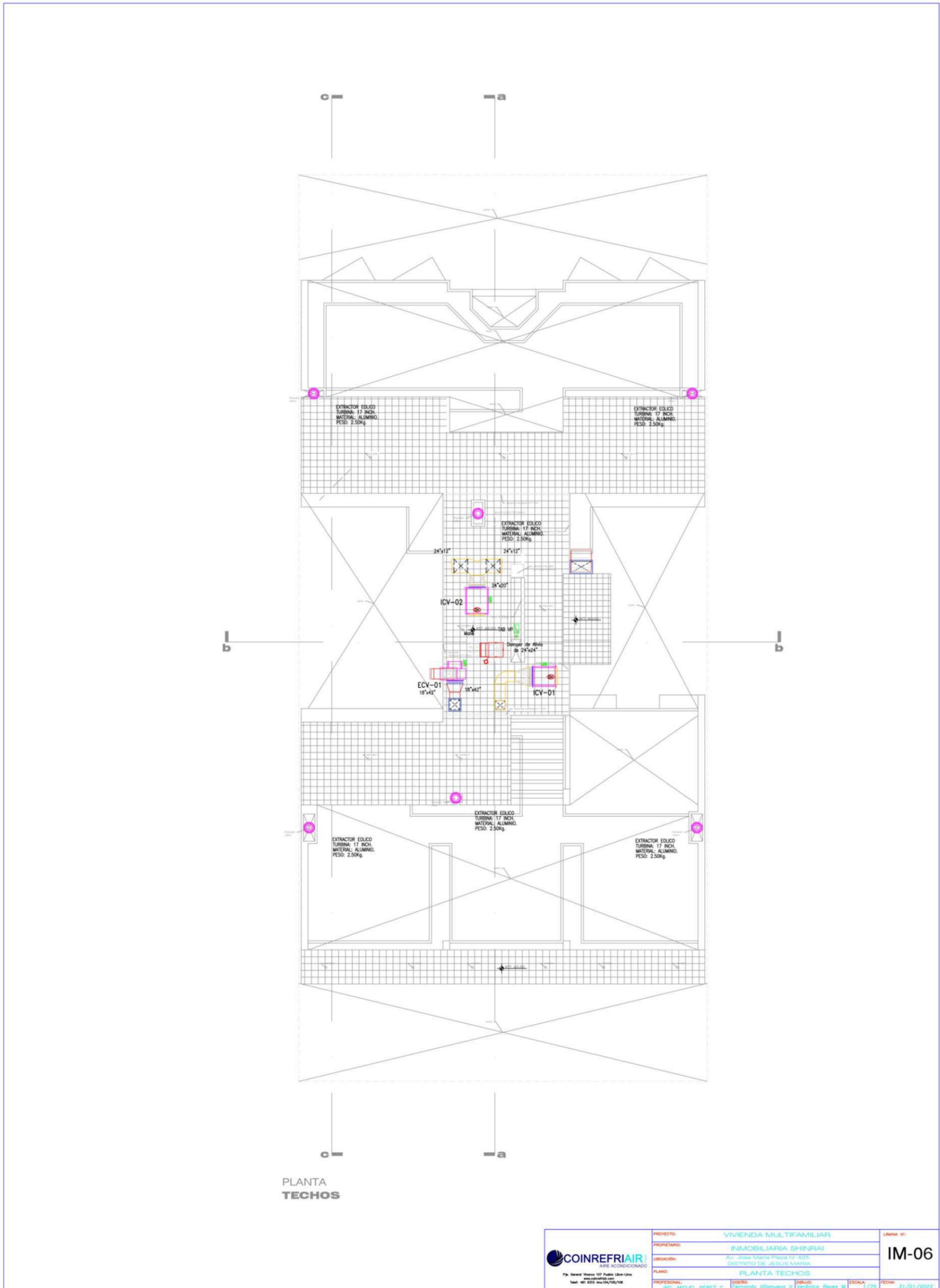


Figura 28. Planta Techos

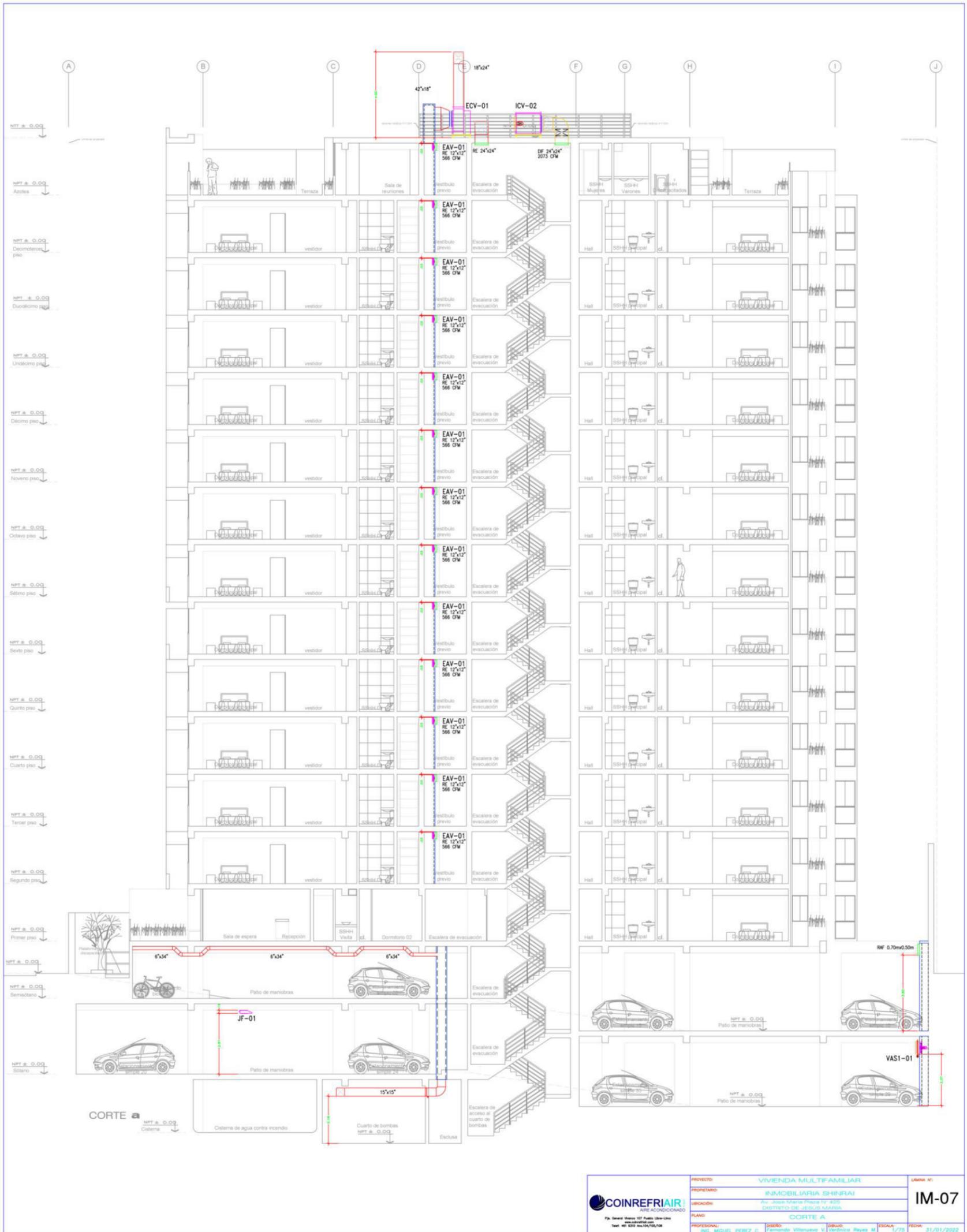


Figura 29. Corte A

LEYENDA	
	EQUIPO Y CABLEADO (Por wires CH4) (Equipos)
	DUCTO (Por wires CH4) (Equipos)
	DUCTO DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO DE PLANCHA GALVANIZADA (Dimensiones en pulgadas)
	DUCTO DE VENTILACIÓN DE PLANCHA GALVANIZADA (Dimensiones en pulgadas)
	DUCTO DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO DE PLANCHA GALVANIZADA (Dimensiones en pulgadas)
	RECALA DE MONÍTOREO (M) O EXTRACCIÓN (M)
	RECALA DE EXPULSIÓN (M)
	RECALA DE AIRE FRESCO (M)
	DIFFUSOR DE CUATRO VAS (M)
	DIFFUSOR DE TRES VAS (M)
	DIFFUSOR DE DOS VAS (M)
	DIFFUSOR DE UNA VAS (M)
	PUNTO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA
	CAJA DE FIDEL
	CAJA DE CONTROL
	DETECTOR DE MONÓXIDO
	DETECTOR DE HANOS
	BOTONERA DE ARRANQUE Y PARADA
	EXTRACTOR
	VENTILADOR
	DAMPER DE GRAVEDAD
	DAMPER DE ALMO
	TABLERO
	DAMPER CORFUJOSO ACTIVADO CON FUSIBLE TÉRMICO

NOTAS:

- 01.- TODOS LOS TAMAÑOS DE LOS DUCTOS MOSTRADOS EN LOS PLANOS SON LAS DIMENSIONES INTERNAS DE LOS DUCTOS.
- 02.- LA LONJA FLEXIBLE PARA DUCTOS SERÁ DE LONJA DE VINIL PESADO Y NEOPRENE DE 10" DE ANCHO, SIMILAR O AJOAL AL TPO SPN-10 RESPONDE DE LA MARCA DURO DINE.
- 03.- EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO SE COORDINARÁ CON LOS OTROS SISTEMAS EN TODO EL RECORRIDO DE SU INSTALACIÓN.
- 04.- CORRERÁ POR CUENTA DE LA OBRA OBRERA LO SIGUIENTE:
 - PUNTO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA CERCANO A CADA EQUIPO (MÍN. A 0.5m DE DISTANCIA)
 - LACERACIÓN DE PARED Y RECALAS DONDE SEA NECESARIO PARA LA CORRECTA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO.
 - RECALAS DE AIRE FRESCO DEL PRIMER PISO.
- 05.- LOS EXTRACTORES Y VENTILADORES SE INSTALARÁN CON SUS RESPECTIVOS ANTIREFRIGERANTES SEGUN DETALLE.
- 06.- LOS DETECTORES DE MONÓXIDO DE CARBONO (M) SE INSTALARÁN A 1.50m SOBRE EL NIVEL DEL PISO.
- 07.- TODAS LAS RECALAS DE EXTRACCIÓN DEBERÁN ESTAR INCORPORADAS CON UN DAMPER DE REGULACIÓN DE DOBLE DEFLEXIÓN.
- 08.- EL CÁLCULO DE VESTIBULO PREVIO SE HA CALCULADO DE ACUERDO A LA NORMA NFPA 101, CAPÍTULO 7.2.3.8

CAPACIDADES DE LOS EXTRACTORES Y VENTILADORES MONÓXIDO												
EQUIPO	CANTIDAD	CAUDAL (CFM)	VENTILADORES / EXTRACTORES		TIPO	TRANSMISIÓN	MOTOR	MODELO / MARCA REFERENCIAL	UBICACIÓN	ACTIVADO POR	PESO Kg.	
			CAIDA DE PRESIÓN (pulg. C.A.)	VELOCIDAD (RPM)								
EAS1-01	1	4620	1.0	1728	82	AXIAL	DIRECTA	2.0hp-220-3F-60Hz	HC-71-4T / SODECA	SOTANO	SENSOR DE CO	35
EAS5-01	1	4414	1.0	1728	82	AXIAL	DIRECTA	2.0hp-220-3F-60Hz	HC-71-4T / SODECA	SOTANO	SENSOR DE CO	35
VAS1-01	2	1155	0.5	1644	68	AXIAL	DIRECTA	0.50hp-220-3F-60Hz	HC-45-4T / SODECA	SOTANO	SENSOR DE CO	14
VAS1-02	1	2310	0.5	1644	68	AXIAL	DIRECTA	0.50hp-220-3F-60Hz	HC-45-4T / SODECA	SEMISOTANO	SENSOR DE CO	14
JF-01	6	1483 (DABDO-18.80m)	IMPULSO: 11m	2420		CENTRIFUGO	DIRECTA	0.50kw-220-1F-60Hz	CI-CO LP / SODECA	SOTANOS Y SEMISOTANO	SENSOR DE CO	20

CAPACIDADES DE LOS EXTRACTORES Y VENTILADORES VESTIBULO PREVIO												
EQUIPO	CANTIDAD	CAUDAL (CFM)	VENTILADORES EXTRACTORES		TIPO	TRANSMISIÓN	MOTOR	MODELO / MARCA REFERENCIAL	UBICACIÓN	ACTIVADO POR	PESO Kg.	
			CAIDA DE PRESIÓN (pulg. C.A.)	VELOCIDAD (RPM)								
ICV-01	1	4901	1.5	788	69	CENTRIFUGO EN GABINETE	FAJA Y POLEA	3.0hp-220-3F-60Hz	CIBX/ALG-18/18 / SODECA	AZOTEA	ALARMA CONTRA INCENDIO	137
ICV-02	1	4390	0.8	683	69	CENTRIFUGO EN GABINETE	FAJA Y POLEA	1.5hp-220-3F-60Hz	CIBX/ALG-15/15 / SODECA	AZOTEA	ALARMA CONTRA INCENDIO	93
EDV-01	1	7358	1.8	1140	72	SIMPLE ASPIRACIÓN	FAJA Y POLEA	4.0hp-220-3F-60Hz	CNX-630 / SODECA	AZOTEA	ALARMA CONTRA INCENDIO	128
IAV-01	13	377	0.2	1550	54	AXIAL	DIRECTA	0.11kw-220-1F-60Hz	AW-E250E2 / SYSTEMAIR	VESTIBULO	ALARMA CONTRA INCENDIO	4
EAV-01	13	566	0.2	1638	59	AXIAL	DIRECTA	0.11kw-220-1F-60Hz	AW-E250E2 / SYSTEMAIR	VESTIBULO	ALARMA CONTRA INCENDIO	4

CAPACIDADES DE LOS EXTRACTORES Y VENTILADORES CUARTO DE BOMBAS, TABLEROS, GRUPO BOMBA ACOPLO Y LAVANDERÍA												
EQUIPO	CANTIDAD	CAUDAL (CFM)	VENTILADORES EXTRACTORES		TIPO	TRANSMISIÓN	MOTOR	MODELO / MARCA REFERENCIAL	UBICACIÓN	ACTIVADO POR	PESO Kg.	
			CAIDA DE PRESIÓN (pulg. C.A.)	VELOCIDAD (RPM)								
ECS2-01	1	1575	1.6	1047	64	CENTRIFUGO EN GABINETE	FAJA Y POLEA	0.75kw-220-3F-60Hz	C-RRX/ALG-12/12 / SODECA	CISTERNA	RELOJ HORARIO	74
VCS2-01	1	1575	1.6	1047	64	CENTRIFUGO EN GABINETE	FAJA Y POLEA	0.75kw-220-3F-60Hz	C-RRX/ALG-12/12 / SODECA	CISTERNA	RELOJ HORARIO	74
EAS2-02	1	220	0.3	1550	55	AXIAL	DIRECTA	0.10kw-220-1F-60Hz	HCD-30-AM / SODECA	SEMISOTANO	RELOJ HORARIO	3
EA-01	120	120	0.1	2400	44	AXIAL	DIRECTA	20W-220-1F-60Hz	EDM-150 / SODECA	SEÑAL DEPARTAMENTOS	LUMINARIA	1
EA-02	24	80	0.1	2300	42	AXIAL	DIRECTA	20W-220-1F-60Hz	EDM-120 / SODECA	LAVANDERÍA DEPARTAMENTOS	LUMINARIA	1

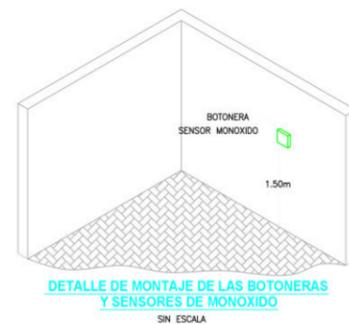
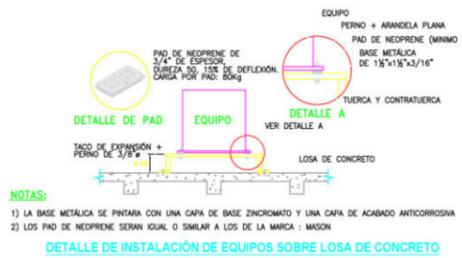
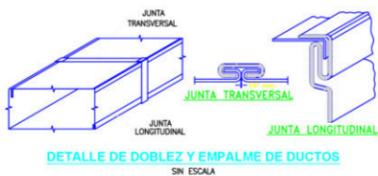
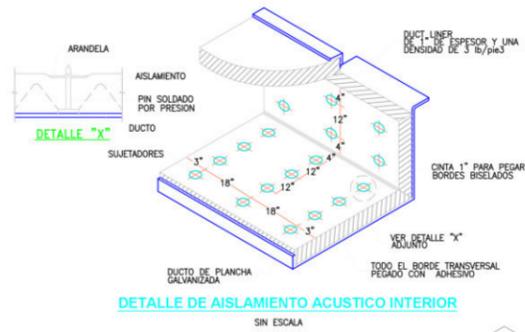
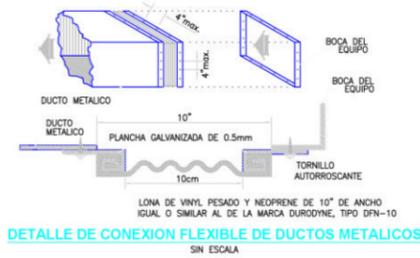
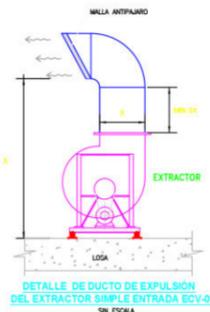


DIAGRAMA DE TABLERO DE CONTROL DE MONOXIDO DE CARBONO SOTANO 01

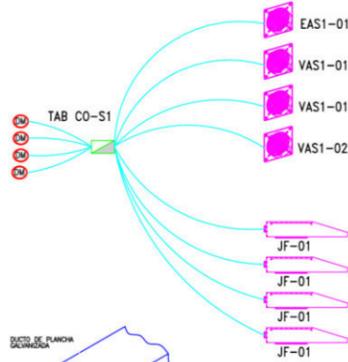
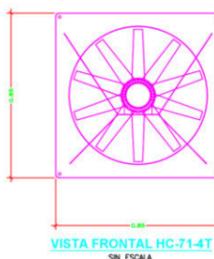
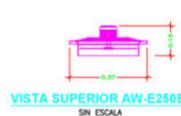
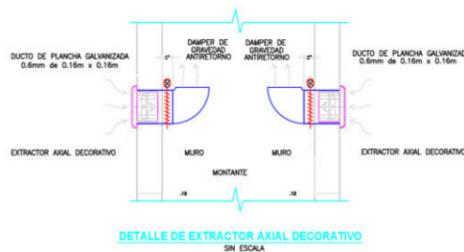
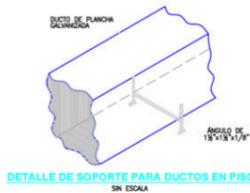
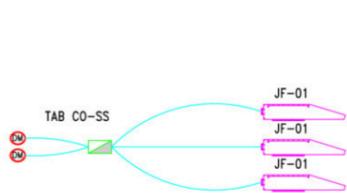


DIAGRAMA DE TABLERO DE CONTROL DE MONOXIDO DE CARBONO SEMISOTANO



<p>PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PROPIETARIO: INMOBILIARIA SHINRAI UBICACIÓN: Av. Jose Maria Plaza N° 425 DISTRITO DE JESUS MARIA PLANO: PLANTA TABLAS, NOTAS, DETALLES Y LEYENDA PROFESIONAL: ING. MIGUEL PEREZ C.</p>	VIVIENDA MULTIFAMILIAR INMOBILIARIA SHINRAI Av. Jose Maria Plaza N° 425 DISTRITO DE JESUS MARIA	LÁMINA N°:	
	IM-08		
	DISEÑO: Fernando Villanueva V. DIBUJO: Verónica Reyes M. ESCALA: 1/75 FECHA: 31/01/2022		

Figura 30. Planta Tablas, Notas, Detalles y Leyenda

Anexo 3. Simulación CFD

SIMULACIÓN CFD VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA – SÓTANO CRÍTICO

1. Introducción

La herramienta de cálculo CFD (Computational fluid dynamics) puede predecir el comportamiento de los fluidos, la transferencia de calor, así como el transporte de contaminantes en un volumen definido. El volumen se divide en celdas tridimensionales, de modo que el volumen a simular se convierte en una malla. El programa de análisis trabaja resolviendo las ecuaciones diferenciales de Navier Stokes de conservación de la masa, la energía, las especies y el momento de un fluido en movimiento. La técnica es capaz de proveer resultados de distintas magnitudes en función del tiempo.

2. Objetivo

El presente estudio tiene por objeto analizar la eficacia del diseño del sistema de ventilación por impulso en el sótano crítico del aparcamiento del **“VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”**. Para ello se utiliza la mecánica de fluidos computacional (CFD). El objetivo concreto es analizar el sistema de ventilación compuesto por la extracción, el aporte de aire fresco y ventiladores de inducción de tal forma que sea capaz de cumplir con los límites de concentración de CO establecidos por las normas de salubridad.

La herramienta CFD nos da la concentración de CO en función del tiempo en cada celda de la malla.

3. Consideraciones sobre el modelo

El modelado del aparcamiento obliga a algunas suposiciones simplificadoras. Es por ello por lo que se debe ser lo suficientemente conservador con los supuestos para cumplir con los requisitos de salubridad. Se ha modelado elementos que generan obstrucciones al flujo como vigas, columnas, vehículos y ductos.

El tamaño de malla es lo suficientemente “fino” para que el comportamiento del dardo del ventilador de inducción se acerque lo más posible a la realidad. *Mallados más gruesos pueden generar caudales de arrastre irreales.*

4. Normativa y valores límite recomendados de concentración de monóxido de carbono “CO”.

La Norma Técnica E.M. 030 de Perú para instalaciones de ventilación establece para estacionamientos en sótanos lo siguiente:

En todas las edificaciones empleadas para estacionamiento o manejo de automóviles operando con su propio motor. Se debe proveer de una ventilación que produzca como mínimo una renovación de aire cada 12 minutos, $12\text{m}^3/\text{h.m}^2$ y una concentración máxima de 50ppm. El Proyectista debe presentar los tres (03) cálculos respectivos y optar por el valor mayor.

En estacionamientos en sótanos a partir de cinco (05) plazas o de 100m^2 útiles, se debe contar con un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) en cada planta o nivel, que active automáticamente el sistema de ventilación cuando se alcance una concentración de 50p.p.m.

Por otro lado, en el *ASHRAE 2011 Handbook* encontramos la siguiente recomendación sobre los valores máximos de concentración de CO:

*Various agencies and countries differ on the acceptable level of CO in parking garages, but a reasonable solution is a ventilation rate designed to maintain a CO level of **40 mg/m³ (35 ppm) for 1 h exposure**, with a maximum of **29 mg/m³ (25 ppm)** for an 8 h exposure. Because the time associated with driving in and parking, or driving out of a garage, is on the order of minutes, 40 mg/m³ (35 ppm) is probably an acceptable level of exposure.*

Así pues, hemos supuesto una puesta en marcha de la ventilación cuando se alcanzan los 50 ppm, para ver si el sistema de ventilación es capaz de disminuir la concentración a 35 ppm en todas las zonas de la planta del aparcamiento.

Para ser conservadores hemos supuesto que los 50 ppm iniciales de la simulación están en todo el volumen de la planta del aparcamiento.

5. Valores de entrada de la simulación

La simulación se ha realizado de acuerdo con los siguientes datos de entrada:

Tabla 1

Parámetro	Formula	Valor
Superficie de la zona simulada (A)	S/planos facilitados	643m ²
Altura del techo (H)	S/planos facilitados	3,25m
Volumen total (V)	A X H	2089m ³
Concentración de CO en el volumen simulado al inicio de la simulación (C₀)	-	50 ppm
CO emitido por vehículo (C_E)	$(31,6 + 61) / 2$ ⁽¹⁾	46,25 mg/s
Número de plazas en la zona simulada (N)		21
Número de vehículos emitiendo (N_E)	N x 0,05 ⁽²⁾	1,05
Total CO emitido (C_T)	N_E x C_E = 1,05 x 46,25	48,5625mg/s
Tamaño de malla ⁽³⁾	-	0,1x0,1x0,1m

⁽¹⁾ Un vehículo emite CO en dos condiciones diferentes. Cuando el vehículo arranca (Emisión en frío), este emite 61 mg/seg (3,66g/min). En circulación (Emisión en caliente), emite 31,6 mg/seg (1,89 g/min). Tomamos la media de los dos valores. Referencia “2011 ASHRAE Handbook-HVAC Applications (SI)-Chapter 15”.

⁽²⁾ El número de coches circulando por un aparcamiento depende del uso de éste. Para un uso continuado y uniforme del aparcamiento, tal como en un edificio de apartamentos o un centro comercial, el rango oscila entre un 3% y un 5% de la capacidad total del aparcamiento. Usamos el 5%. Referencia “2011 ASHRAE Handbook-HVAC Applications (SI)-Chapter 15”.

⁽³⁾ Correspondiente al volumen ocupado por los ventiladores de inducción y su respectivo dardo de alcance.

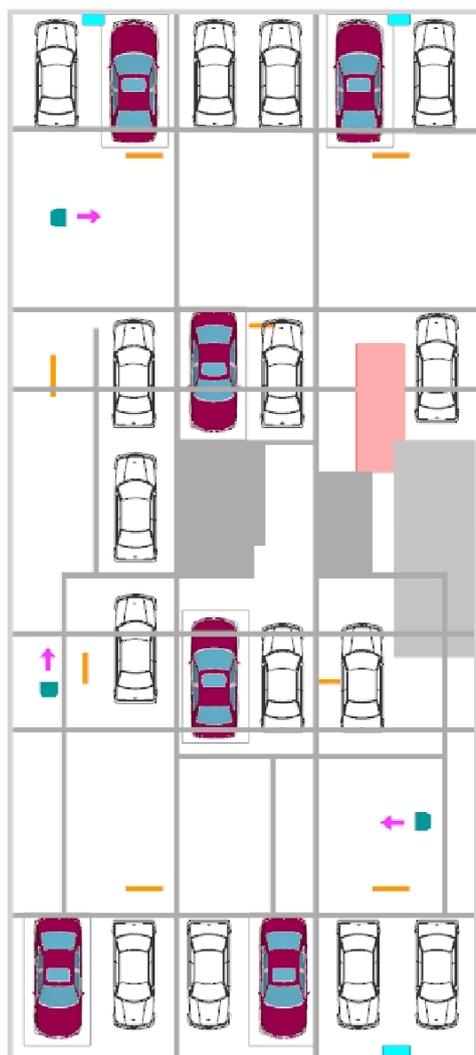


Fig. 1 (a): Plano 2D del Aparcamiento de “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

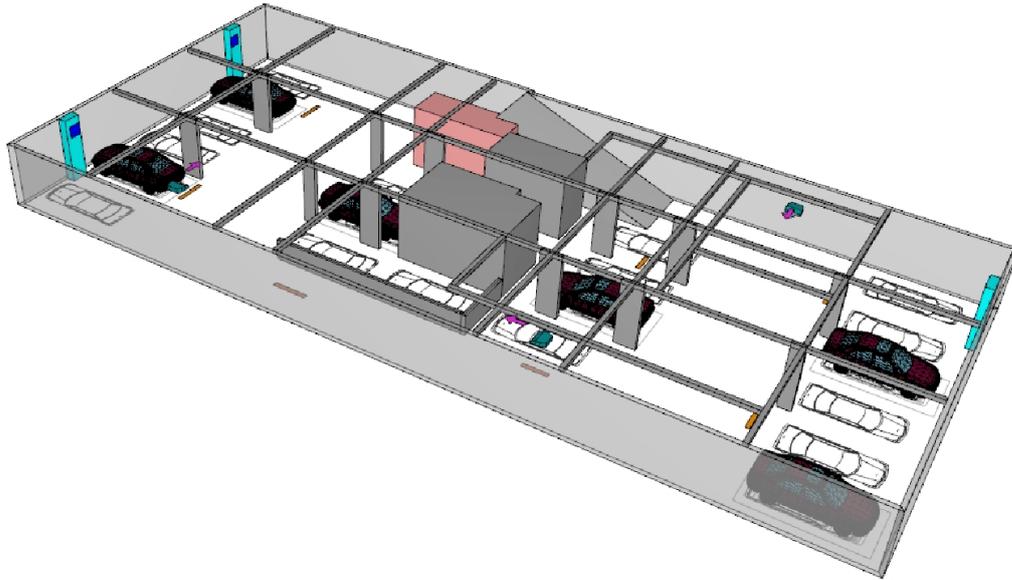


Fig. 1 (b): Modelo 3D del “Aparcamiento de VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

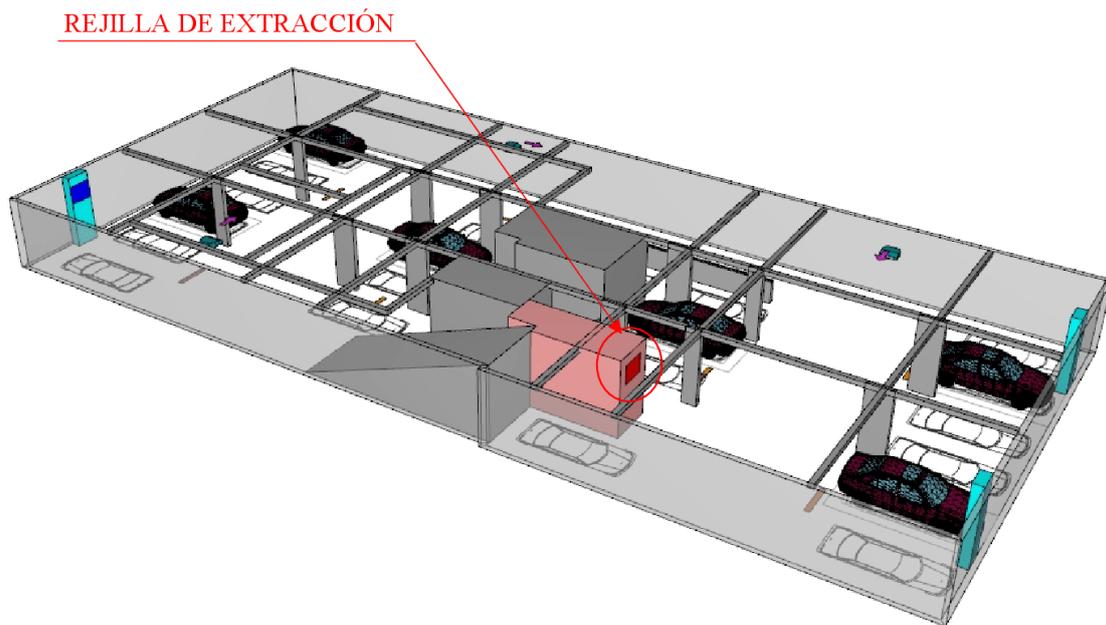


Fig. 2 (a): Posición de la rejilla de extracción “Aparcamiento de VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

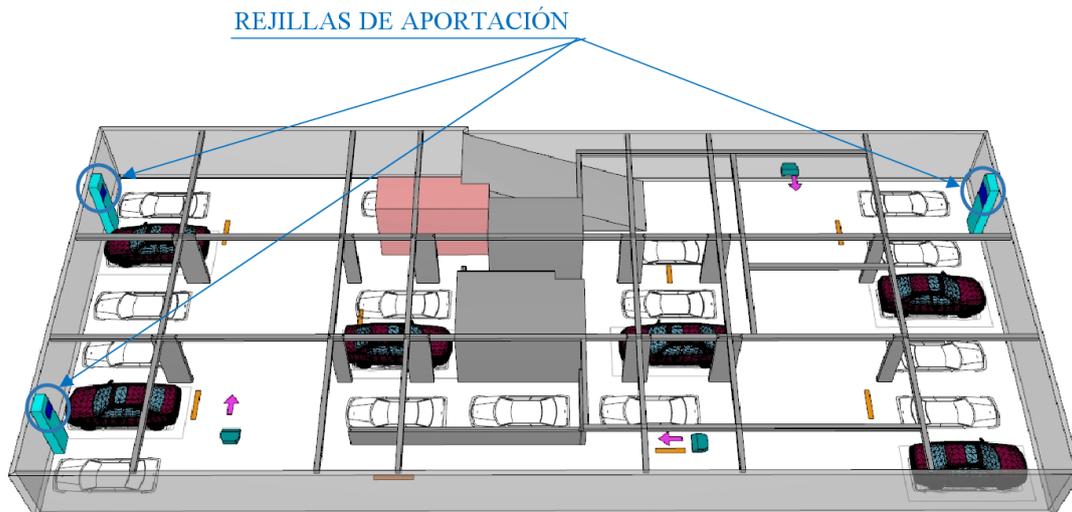


Fig. 2 (b): Posición de las rejillas de aportación de aire “Aparcamiento de VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

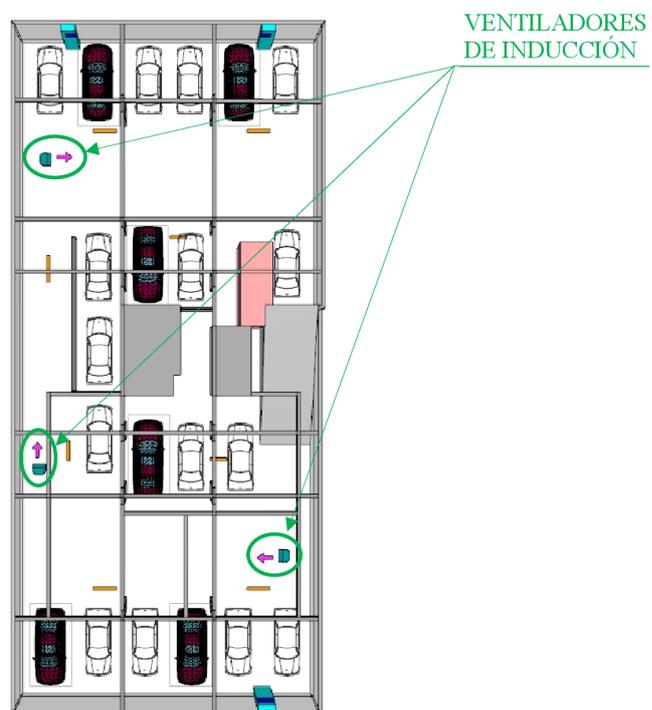


Fig. 2 (c): Posición de los ventiladores de inducción “Aparcamiento de VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

EMISIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

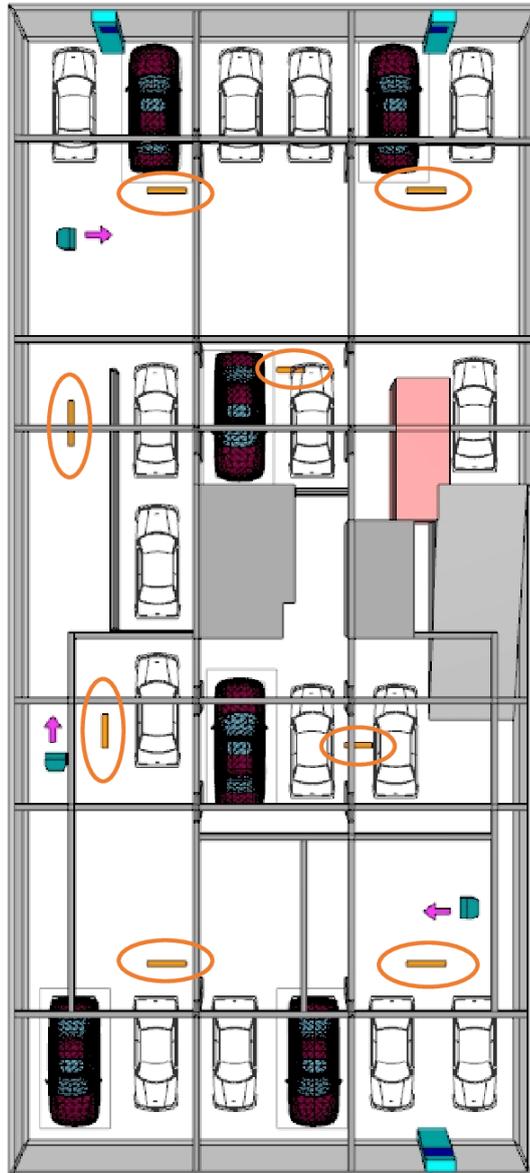


Fig. 3 (a): Posición de las zonas de emisión de CO “Aparcamiento de VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

6. Parámetros de la ventilación

La simulación se ha realizado de acuerdo con los siguientes datos:

Tabla 2

Parámetro	Cantidad
Posición de las rejillas de extracción	Ver Fig. 2(a)
Número de rejillas de extracción	1
Posición de la aportación de entrada de aire	Ver Fig. 2(b)
Número de rejillas de aportación de aire	3
Posición de los ventiladores de inducción	Ver Fig. 2(c)
Número de ventiladores de inducción	3
Posición de las zonas de emisión de CO	Ver Fig. 3(a)
Numero de zonas de emisión de CO	8

Tabla 3 (a)

Características de los ventiladores				
Ventiladores de inducción				
Modelo	Marca	Nº de ventiladores	Caudal unitario en CFM (Alta RPM)	Caudal unitario en CFM (baja RPM)
CI-CO LP/AC 220	SODECA	3	1483	-

Tabla 3(b)

Caudal de extracción de CO			
S. Nº	Ventilación extracción de CO	Cantidad	Caudal/Unid (CFM)
1	EAS1-01	01	4618
TOTAL			4618

Tabla 3(c)

Aportación mecánica de aire			
S. Nº	Ventiladores de Inyección	Cantidad	Caudal/Unid (CFM)
1	VAS1-01	02	1155
2	VAS1-02	01	2308
TOTAL			4618

La simulación se ha realizado con los caudales indicados en las tablas 3(a), 3(b) y 3(c) desde el minuto 0 hasta el final de esta.

7. Resultados de la simulación de CO

A. Concentraciones de CO

Las siguientes figuras muestran las concentraciones de CO en ppm en el aparcamiento en un plano horizontal a 1,6 m de altura, en diferentes instantes de tiempo.

Marca negra a 35 ppm.



Fig.4 (a) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 15 segundos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

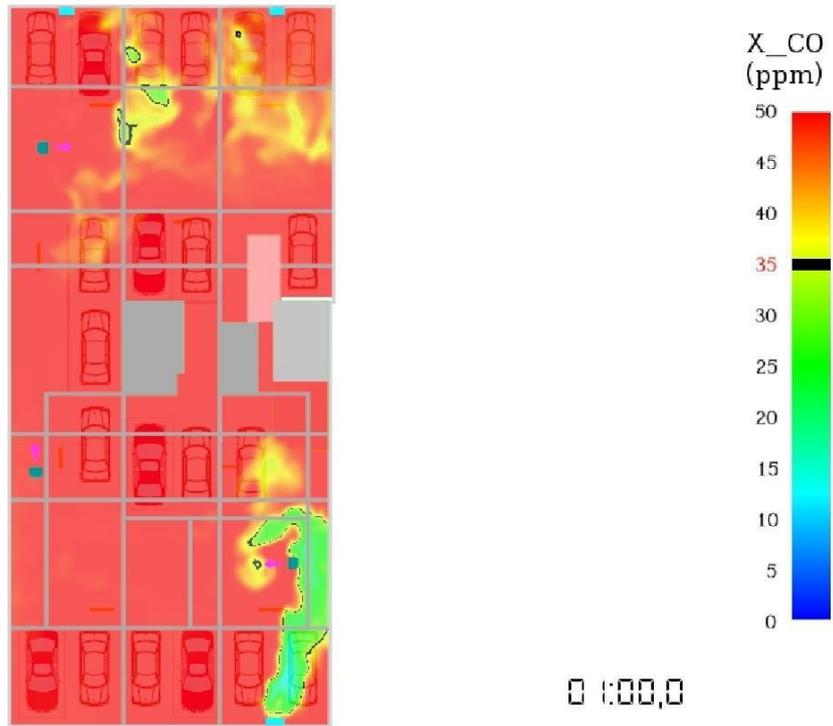


Fig.4 (b) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 1 minuto “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

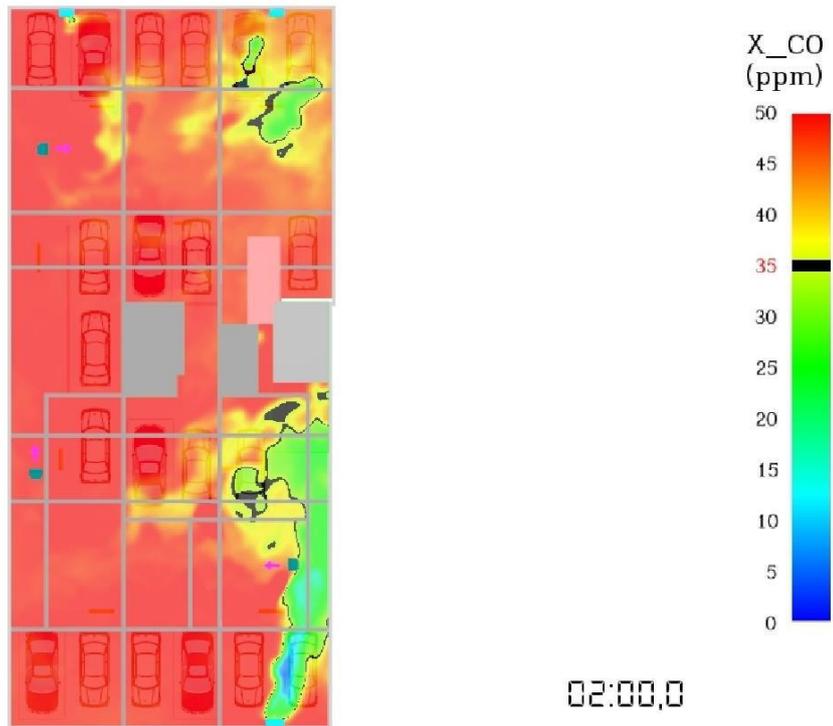


Fig.4 (c) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 2 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

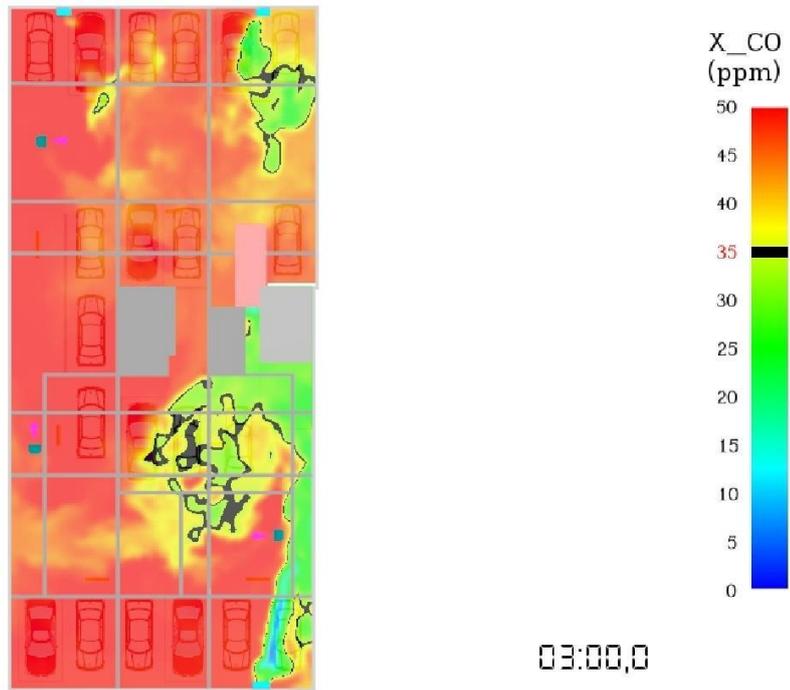


Fig.4 (d) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 3 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

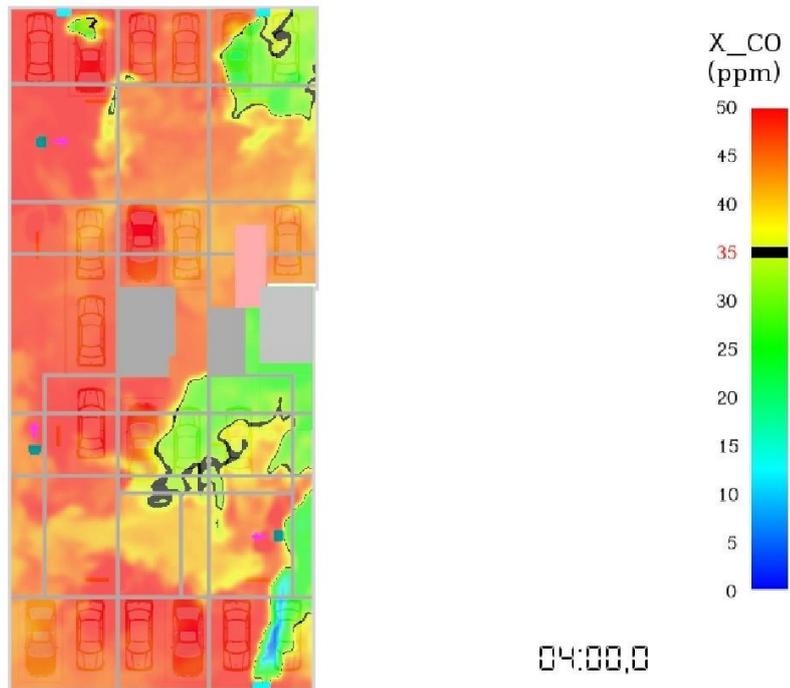


Fig.4 (e) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 4 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

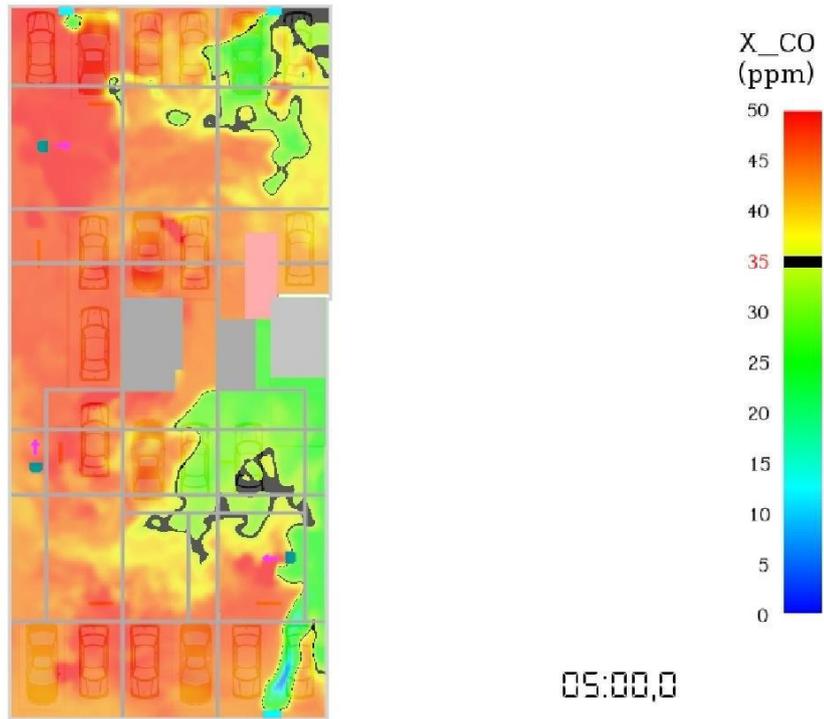


Fig.4 (f) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 5 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

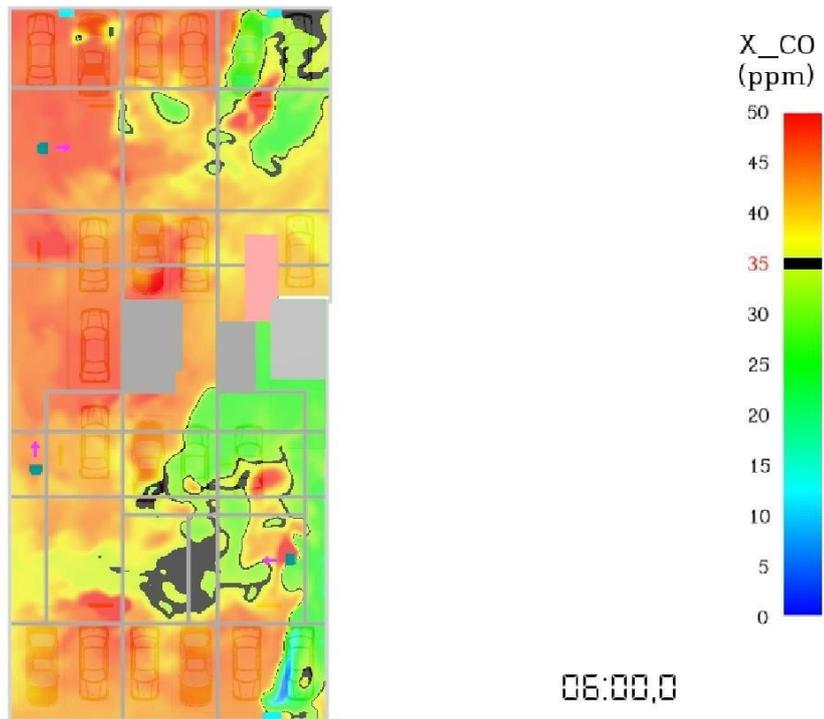


Fig.4 (g) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 6 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

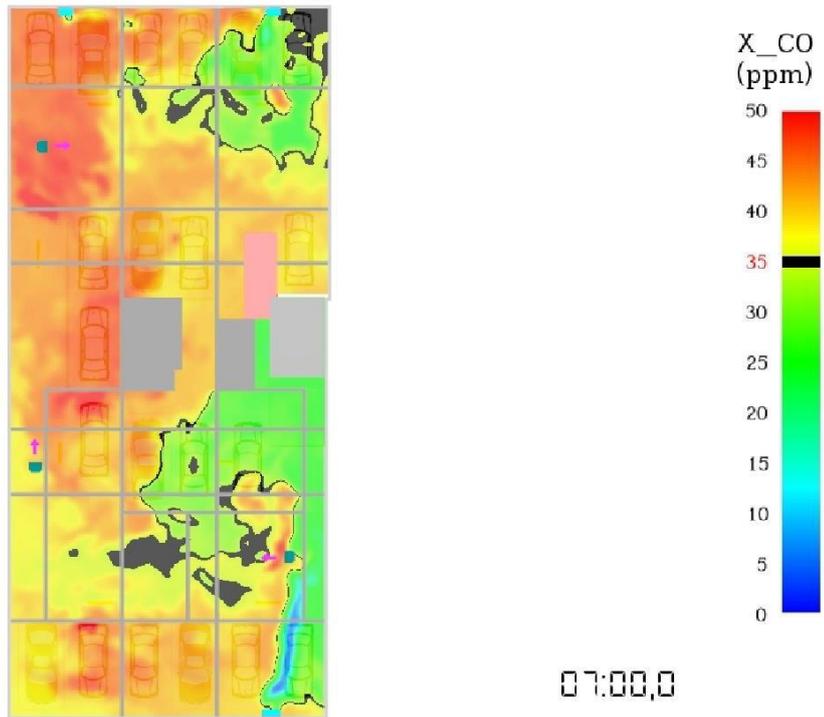


Fig.4 (h) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 7 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

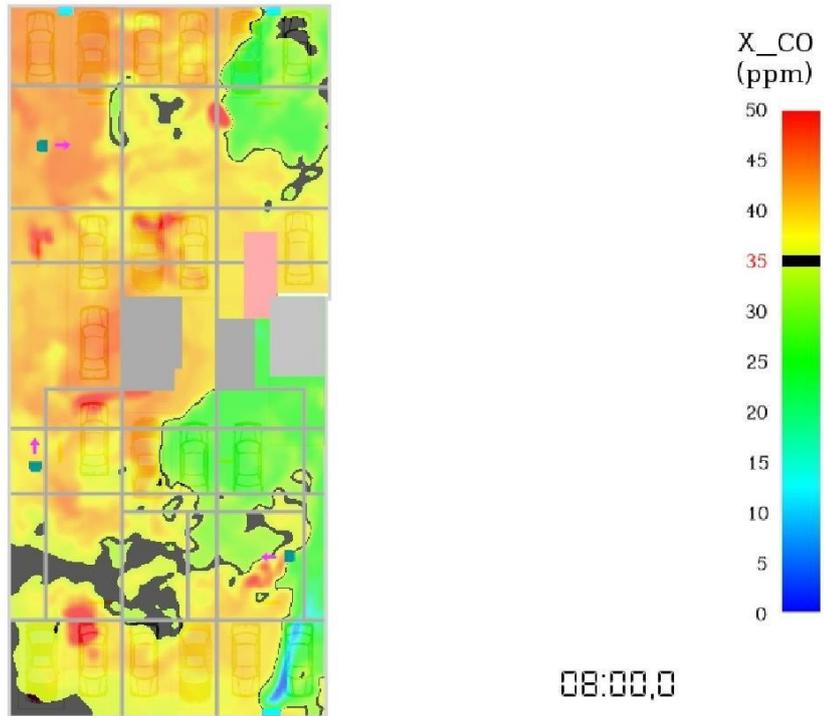


Fig.4 (i) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 8 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

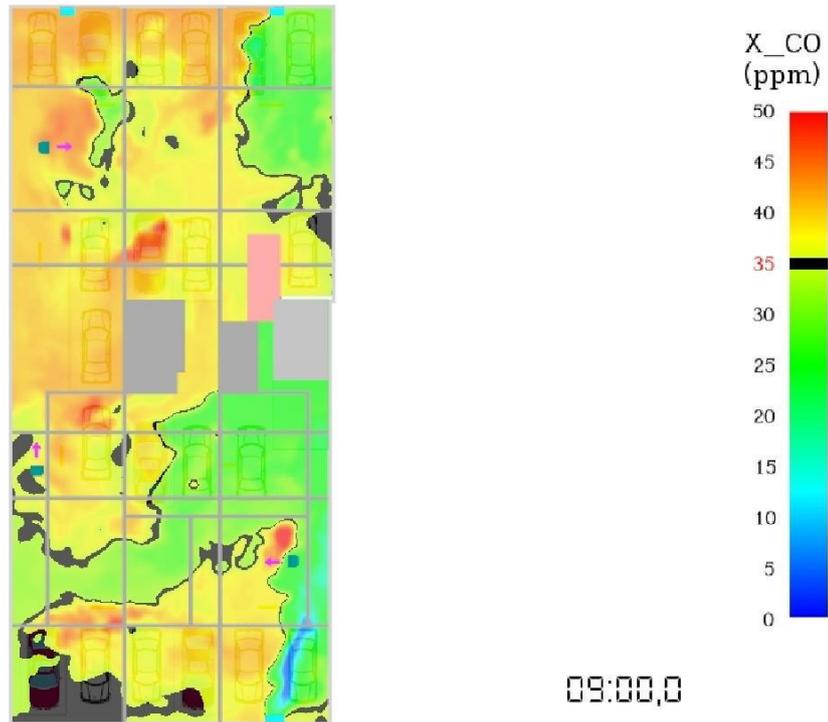


Fig.4 (j) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 9 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

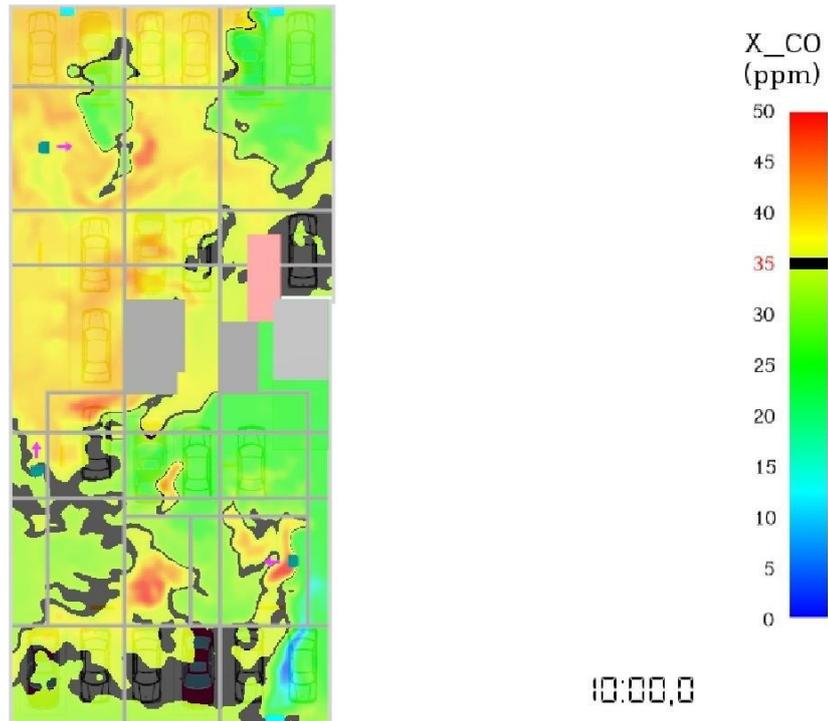


Fig.4 (k) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 10 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

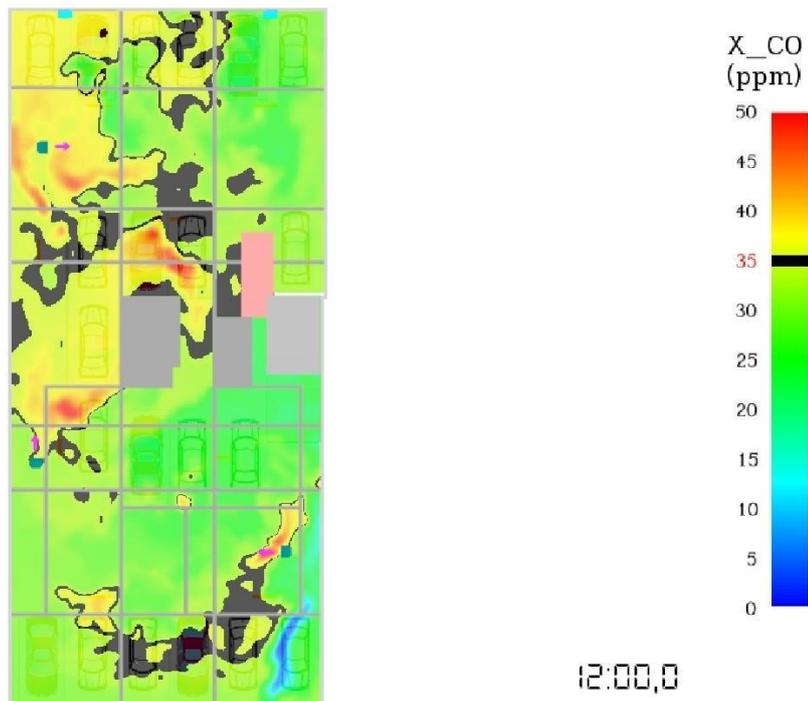


Fig.4 (l) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 12 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

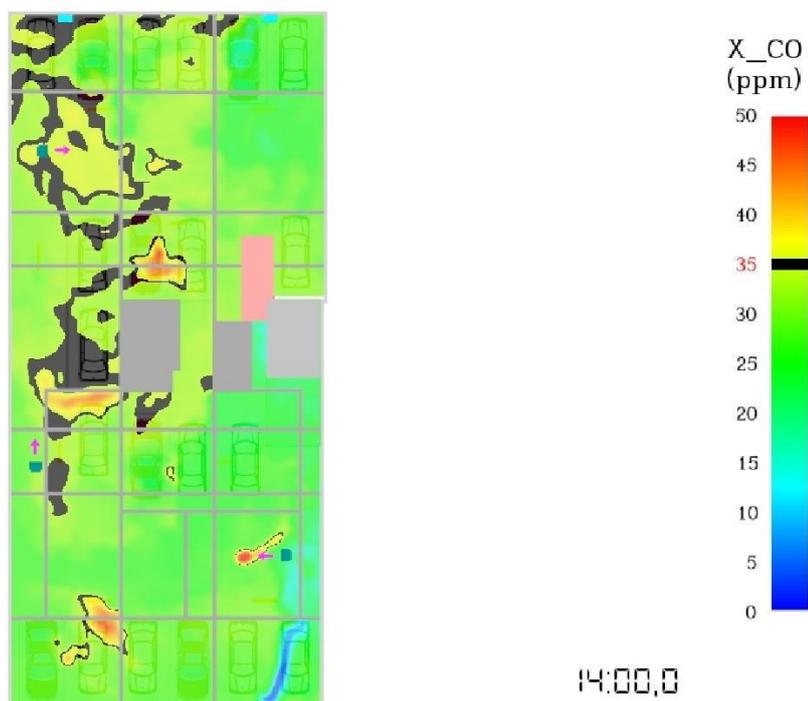


Fig.4 (m) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 14 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”



Fig.4 (n) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 15 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

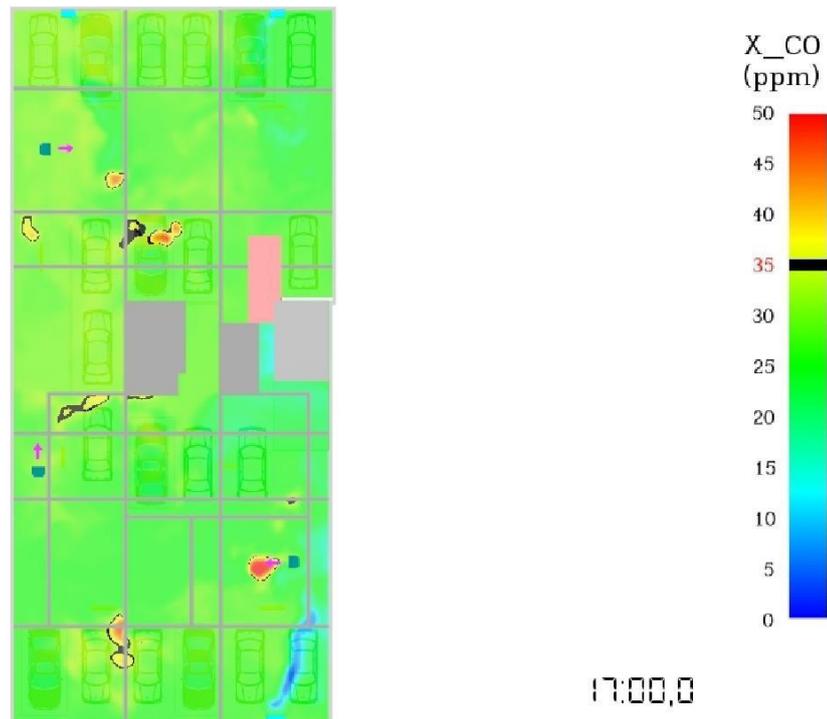


Fig.4 (ñ) Concentraciones de CO a 1,6 m del suelo a 17 minutos “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”

B. Contornos de velocidad

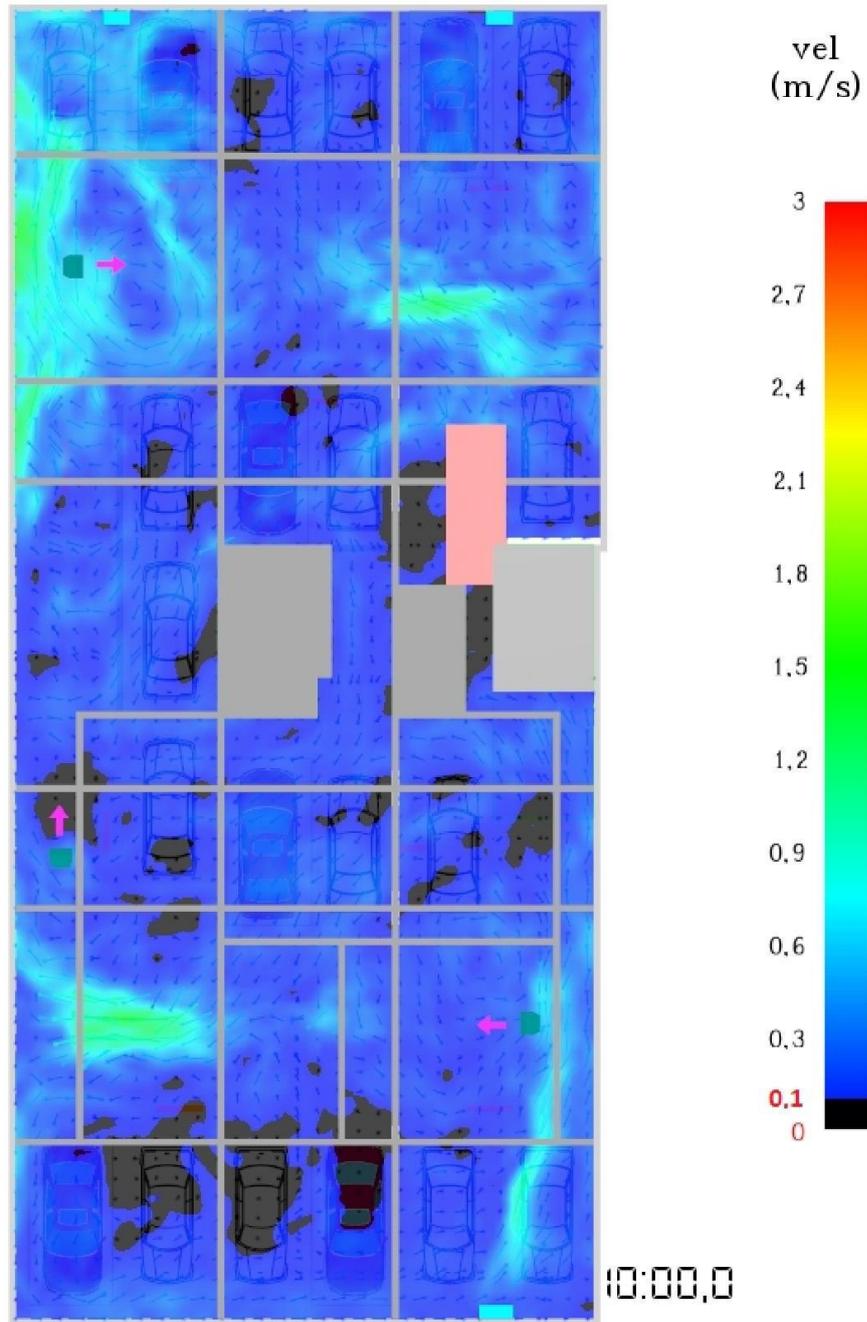


Fig. 5(a) Contornos de velocidad (m/s) a una altura de 1,6 metros en “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”.

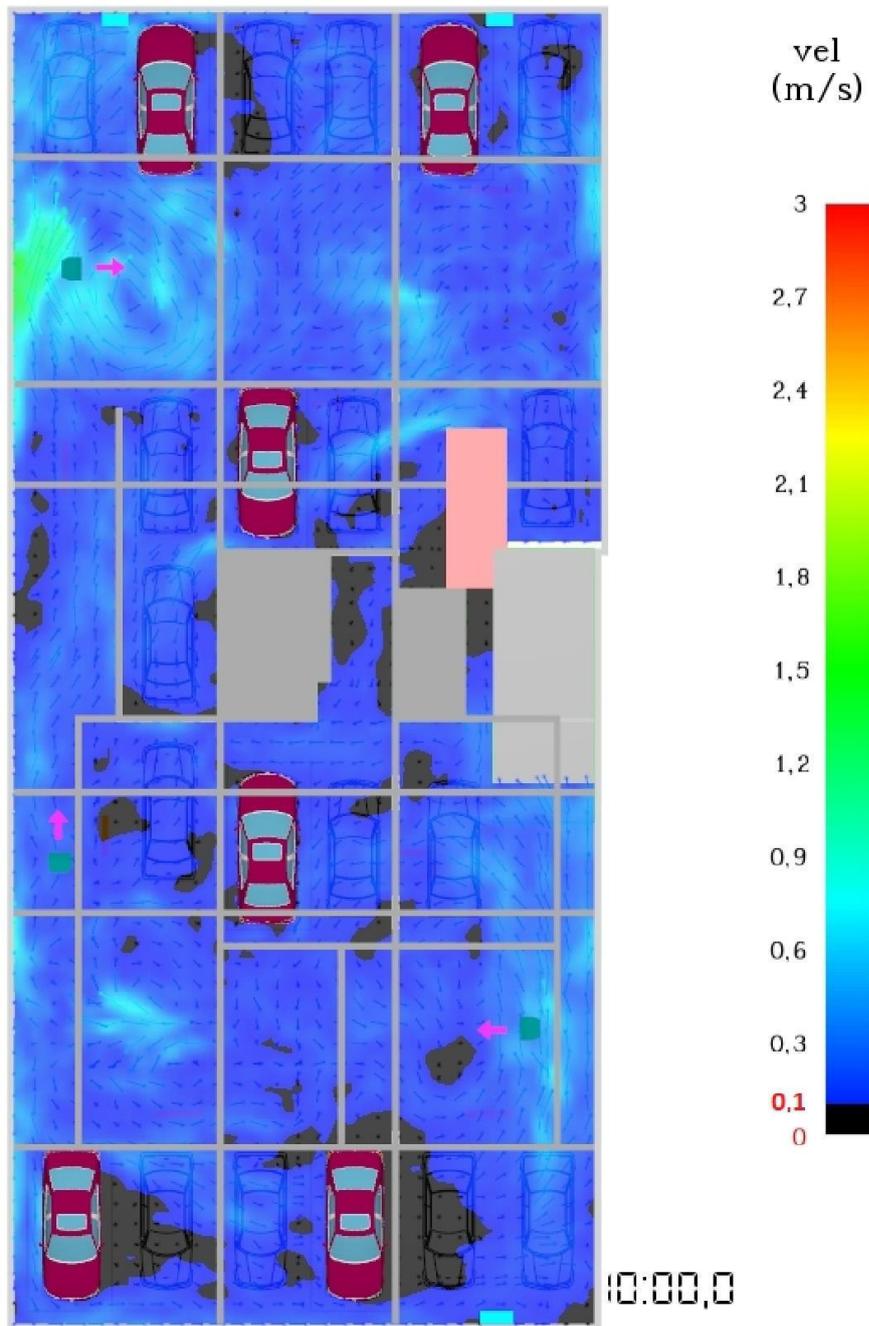


Fig. 5(b) Contornos de velocidad (m/s) a una altura de 0,6 metros en “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”.

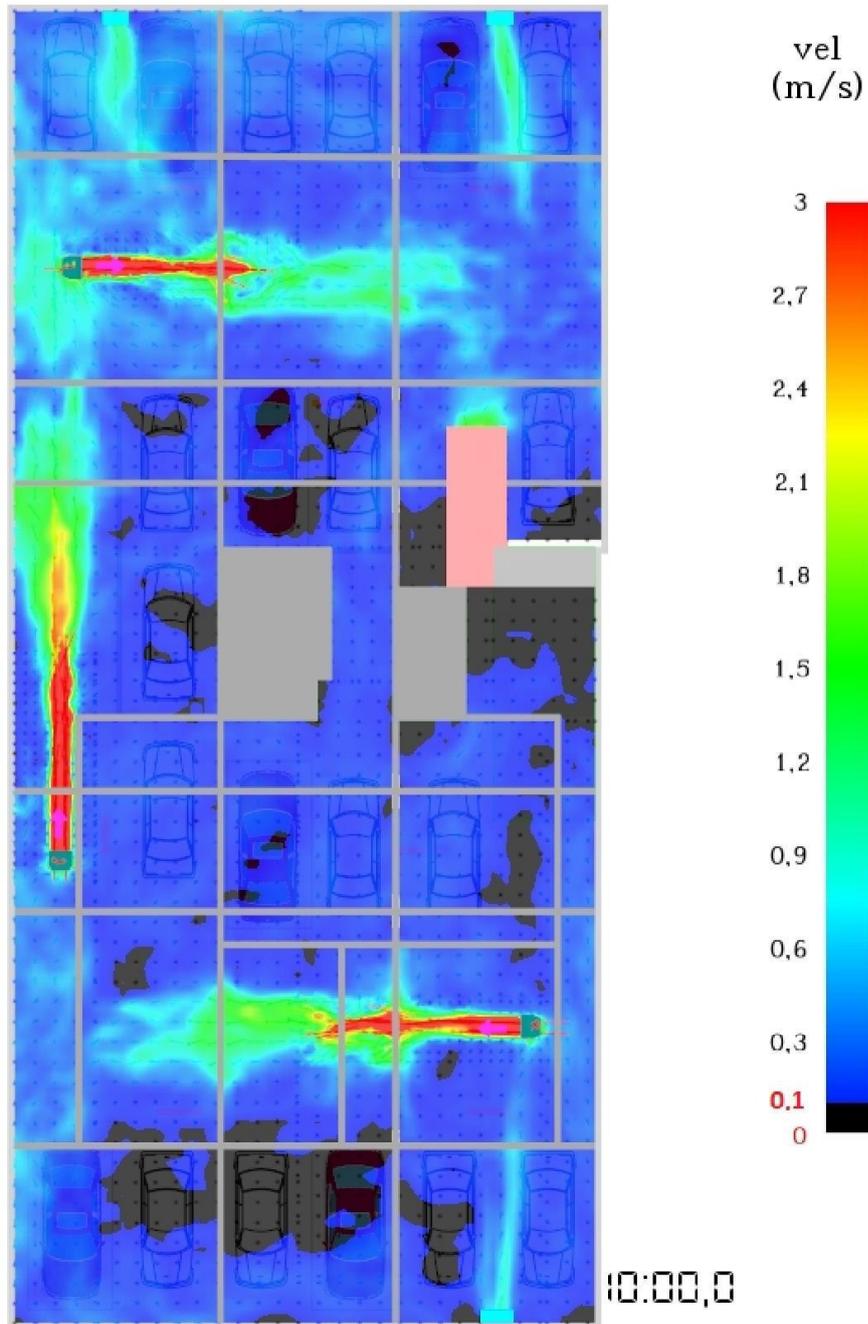


Fig. 5(c) Contornos de velocidad (m/s) a la altura de los Jet Fan en “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”.

La siguiente figura muestra el contorno de velocidad máxima de 0,1m/s.

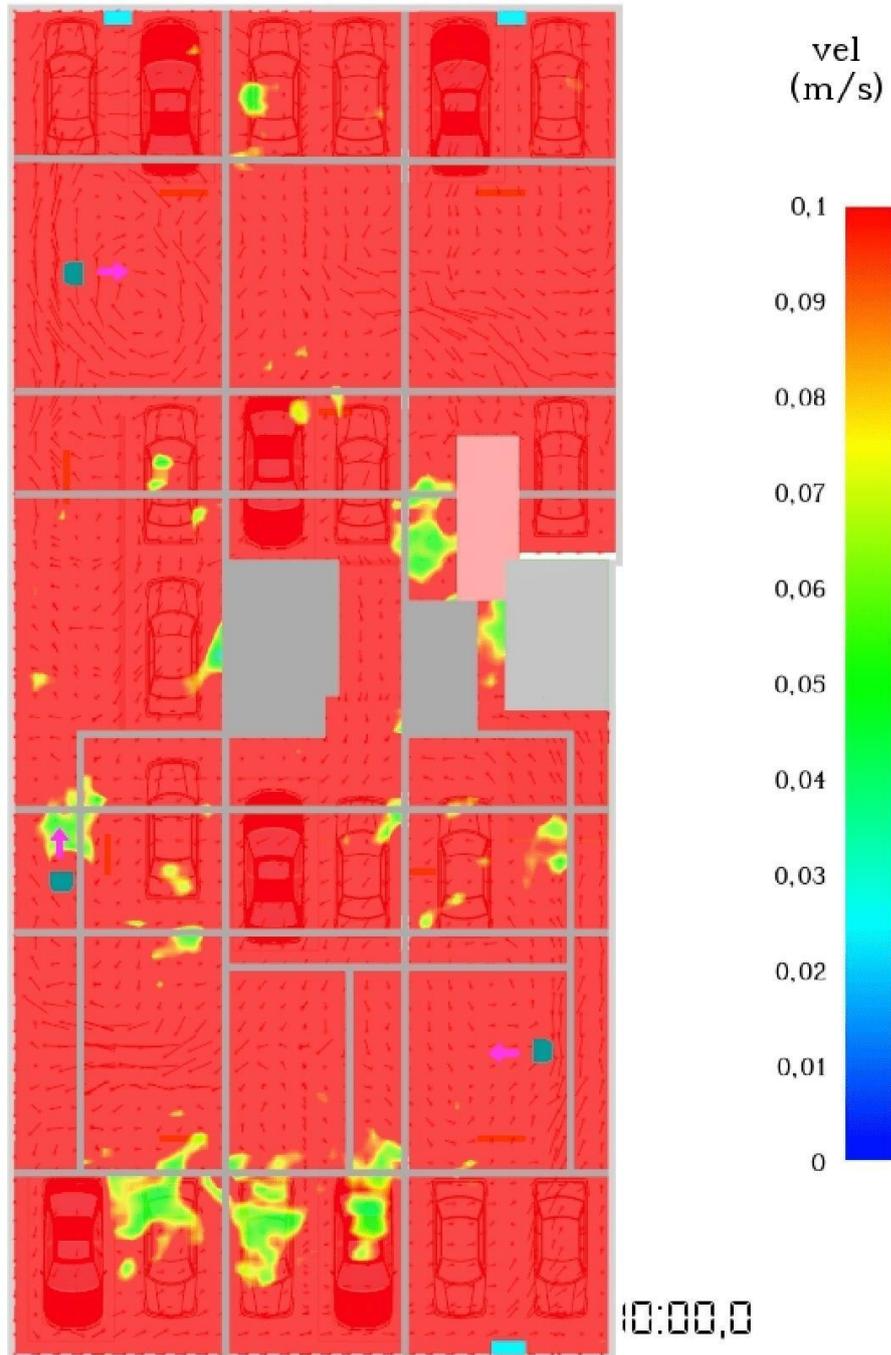


Fig. 6(a) Contornos de velocidad (m/s) a una altura de 1,6 metros “VIVIENDA MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA”.

8. Conclusiones

Una vez analizados los resultados de la simulación, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La simulación de CO se realiza para comprobar que el sistema de ventilación por impulso propuesto para el sótano crítico del aparcamiento es capaz de reducir la concentración de CO a niveles aceptables, partiendo de una concentración inicial de 50 ppm de CO en aire en toda la planta y con una generación de CO permanente de 48,5625mg/s.
- Según los resultados de concentraciones de CO en un plano horizontal a 1,6 metros del suelo se puede apreciar que (de Fig. 4(a) a Fig. 4(ñ)):
 - La concentración de CO inicial en toda la planta del aparcamiento es de 50 ppm.
 - La concentración de CO está por debajo de 35 ppm (40 mg/m^3) en 15 minutos en prácticamente toda la planta del aparcamiento. Ver Fig. 4(n).
 - La concentración de CO continúa disminuyendo hasta el minuto 17. Ver Fig. 4(ñ).
- Según los resultados de contornos de velocidad en un plano horizontal a 1,6 metros del suelo se puede apreciar que:
 - La velocidad del aire a 1,6 m sobre el suelo no es inferior a 0,1 m/s permanentemente en casi toda el área del estacionamiento. Ver Fig. 5(a) y 6(a).
- Así pues, se puede concluir que el sistema de ventilación por impulso propuesto para la planta del aparcamiento es capaz de extraer el CO y reducir sus niveles de forma efectiva en 15 minutos incluso en condiciones más desfavorables de concentración inicial y generación de monóxido de carbono.

NOTA: La simulación es únicamente válida para los modelos y marca de Jet Fans presentados en la Tabla 3 (a).

SODECA PERÚ

AV. LUIS JOSE DE ORBEGOSO 331
SAN LUIS - LIMA
ingenieria@sodeca.pe
TELF: +51 1 3262424



Anexo 4. Presupuesto del proyecto



PRE. 3101-01-22 COINREFRI
Lima 31 de enero del 2022

Asunto : Cotización Sistema de Ventilación Mecánica.
Proyecto : EDIFICIO MULTIFAMILIAR JOSE MARIA PLAZA

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	P. UNIT. \$	P. PARCIAL \$	PARCIAL TOTAL \$
I SISTEMA DE VESTIBULOS PREVIOS						
I.1	Ventiladores y Extractores SODECA	CANTIDAD	UND.			\$8,916.00
	ICV-01 CENTRIFUGO EN GABINETE 4901CFM@1.5"C.A-3HP-220/3/60 MODELO: CJBX/ALG-18/18	1	UND.	\$1,618.00	\$1,618.00	
	ICV-02 CENTRIFUGO EN GABINETE 4146CFM@0.8"C.A-1.5HP-220/3/60 MODELO: CJBX/ALG-15/15	1	UND.	\$1,013.00	\$1,013.00	
	ECV-01 SIMPLE ASPIRACION 7358CFM@1.8"C.A-4.0HP-220/3/60 MODELO: CMX-630	1	UND.	\$3,178.00	\$3,178.00	
	IAY-01 INYECTOR AXIAL 377CFM@0.2"C.A-0.1KW-220/1/60 MODELO: HCD-30	13	UND.	\$108.00	\$1,404.00	
	EAV-01 EXTRACTOR AXIAL 566CFM@0.2"C.A-0.15KW-220/1/60 MODELO: HCD-35	13	UND.	\$131.00	\$1,703.00	
I.2	Instalación Electromecánica de Vestibulo Previo	CANTIDAD	UND.			\$3,035.00
	Instalación de Equipos de ventilación Comprende: anclaje de ventiladores, centrífugo y axiales. Suministro e instalación de 01 tablero de control. Suministro e instalación de un dämper de alivio de 24"x24" Suministro e instalación de dos detectores de humo. Conexión eléctrica de fuerza de los equipos máx hasta 0.50m. Instalación de accesorios.	1	GLB.	\$3,035.00	\$3,035.00	
I.3	Ductos y Rejillas	CANTIDAD	UND.			\$3,005.00
	Comprende: Fabricación e instalación de ductos metálicos de plancha galvanizada, calibre de acuerdo a especificaciones, smacna y planos, las montantes verticales serán de mampostería como algunos tramos horizontales. Fabricación e instalación de rejillas de descarga y extracción de aire para los vestibulos y la caja de escalera, con dämper de regulación manual de fabricación nacional.	1	GLB.	\$3,005.00	\$3,005.00	
II SISTEMA DE EXTRACCION DE MONOXIDO						
II.1	Ventiladores y Extractores SODECA	CANTIDAD	UND.			\$8,795.00
	EAS1-01 EXTRACTOR AXIAL 4618CFM@1.0"C.A-2HP-220/3/60 MODELO:HC-71-4T/H	1	UND.	\$748.00	\$748.00	
	EASS-01 EXTRACTOR AXIAL 4412CFM@1.0"C.A-2HP-220/3/60 MODELO:HC-71-4T/H	1	UND.	\$748.00	\$748.00	
	VAS1-01 INYECTOR AXIAL 1155CFM@0.5"C.A-0.50HP-220/3/60 MODELOS:HC-45-4T/H	2	UND.	\$355.00	\$710.00	
	VAS1-02 INYECTOR AXIAL 2308CFM@0.5"C.A-0.50HP-220/3/60 MODELOS:HC-45-4T/H	1	UND.	\$355.00	\$355.00	
	JF-01 JET FAN DE BAJA SILUETA 1483CFM@IMPULSO 11N-0.50KW-220/1/60 MODELO:CI-CO LP/AC	6	UND.	\$1,039.00	\$6,234.00	
II.2	Accesorios para extracción electromecánica.	CANTIDAD	UND.			\$1,350.00
	SENSOR DE MONOXIDO CON DISPLAY CERTIFICACION UL	6	UND.	\$225.00	\$1,350.00	
II.3	Instalación Electromecánica	CANTIDAD	UND.			\$4,004.00
	Instalación de Equipos de ventilación Comprende: anclaje de ventiladores. Conexión eléctrica de fuerza de los equipos hasta max 0.5m. Cableado para el control de sensores de monóxido (el entubado irá a cuenta de obra civil). Suministro e instalación de tableros de control (02 UNIDADES) Instalación de accesorios y detectores de monóxido y controles.	1	GLB.	\$4,004.00	\$4,004.00	
II.4	Ductos	CANTIDAD	UND.			\$3,468.00
	Ductos metálicos y rejillas Comprende: Fabricación e instalación de ductos metálicos de plancha galvanizada, calibre de acuerdo a especificaciones, smacna y planos, las montantes verticales serán de mampostería como algunos tramos horizontales. Fabricación e instalación de mallas protectoras par axiales de inyección y extracción	1	GLB.	\$3,468.00	\$3,468.00	



Av. Gral. Vivanco 1055,
Pueblo Libre, Lima 21, Perú
T: 511 461 6310
www.coinrefri.com

III SISTEMA DE SSHH, CUARTO DE BOMBAS ,AIRE FRESCO, EXTRACCIÓN.			
III.1 Ventiladores y Extractores SODECA	CANTIDAD	UND.	\$7,934.00
ECS2-01 CENTRIFUGO EN GABIENETE 1575CFM@1.6"C.A-0.75KW-220/3/60 MODELO: CJBX/ALG-12/12	1	UND.	\$847.00 \$847.00
VCS2-01 CENTRIFUGO EN GABIENETE 1575CFM@1.6"C.A-0.75KW-220/3/60 MODELO: CJBX/ALG-12/12	1	UND.	\$847.00 \$847.00
EASS-02 EXTRACTOR AXIAL 220CFM@0.25"C.A-0.10KW-220/1/60 MODELO: HCD-30	1	UND.	\$108.00 \$108.00
EA-01 EXTRACTOR AXIAL 120CFM@0.10"C.A-20W-220/1/60 MODELO: EDM-150	120	UND.	\$33.00 \$3,960.00
EA-02 EXTRACTOR AXIAL 80CFM@0.10"C.A-20W-220/1/60 MODELO: EDM-150	24	UND.	\$31.00 \$744.00
EOLICO 17" DIAMETRO DE TURBINA	6	UND.	\$238.00 \$1,428.00
III.2 Instalación Electromecánica.	CANTIDAD	UND.	\$4,010.00
Instalación de Equipos de extracción. Comprende: anclaje de ventiladores, extractores y ventiladores, suministro e instalación de dämper. Dämper cortafuego 12"x12" y 15"x15", activado con fusible térmico (sin actuador) Suministro e instalación de tableros con temporizador para cuarto de bombas y acopio. Conexión eléctrica de fuerza de los equipos hasta max 0.5m.	1	GLB.	\$4,010.00 \$4,010.00
III.3 Ductos	CANTIDAD	UND.	\$8,340.00
Ductos metálicos y rejillas Comprende: Fabricación e instalación de ductos metálicos de plancha galvanizada de acuerdo a planos y smacna. trampas de humo en ducto en acero galvanizado, para 144 axiales de baño de acuerdo a planos. Fabricación e instalación de rejillas de extracción e inyección de aire de fabricación nacional.	1	GLB.	\$8,340.00 \$8,340.00
IV OTROS	CANTIDAD	UND.	\$2,500.00
IV.1 OTROS	CANTIDAD	UND.	\$2,500.00
Ingeniería, dossier de calidad, Transporte de materiales, equipos, andamios, herramientas, supervisión, Dossier. NO INCLUYE RESIDENTE EN OBRA	1	GLB.	\$2,000.00 \$2,000.00
Epps. COVID	1	GLB.	\$500.00 \$500.00
TOTAL SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA (NO INCLUYE IGV 18%)			\$55,357.00
IGV 18%			\$9,964.26
TOTAL SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA			\$65,321.26

- * Los precios unitarios de los equipos es por la totalidad del proyecto.
- * El sistema de alarma irá por cuenta del cliente, para el encendido del vestíbulo previo
- * El encendido de los extractores axiales de los baños será mediante interruptor de luz suministrado por obra civil.
- * Las rejillas de aire fresco en piso y puerta será suministrado por el cliente.
- * No esta considerado residente de obra ni prevencionista, sólo supervisión.

CONDICIONES GENERALES:

1.- TIEMPO DE ENTREGA

EQUIPOS

VENTILADORES

: 10 SEMANAS.

INSTALACION

: 12-14 SEMANAS.

2.- FORMA DE PAGO (A TRATAR)

: EQUIPOS 30% DE ADELANTO, SALDO CON VALORIZACIONES.

: INSTALACIÓN: 30% DE ADELANTO, SALDO CON VALORIZACIONES QUINCENALES.

3.- GARANTIA* :

: 12 MESES

*EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RESPECTIVO (el cual debe sustentar con programa y constancias de mantenimiento).
LA GARANTIA RIGE DESDE LA ENTREGA DE LOS EQUIPOS A OBRA

4.- VALIDEZ DE OFERTA : 15 DIAS.

5.-NOTA 1: ALCANCES DE LA PROPUESTA:

- * LOS EQUIPOS, ACCESORIOS O TRABAJO QUE NO ESTA COMPRENDIDOS SE COTIZARA COMO UN ADICIONAL.
- * LA FALTA DE ENERGIA NO CONDICIONARA LA ENTREGA NI LA RECEPCION DE LOS EQUIPOS INSTALADOS.



Av. Gral. Vivanco 1055,
Pueblo Libre, Lima 21, Perú
T: 511 461 6310

www.coinrefri.com

- * LOS GASTOS GENERALES Y OTROS SOLO ESTAN CONTEMPLADOS EN LAS FECHAS DE EJECUCION DE LA OBRA INDICADA EN EL CRONOGRAMA
- * LOS GASTOS POR EXTENSION DE OBRA SE PASARAN COMO UN ADICIONAL.

6.-NOTA 2: EXCLUSIONES DE LA COTIZACION

- * NO SE INCLUYE NINGUN EQUIPO, ACCESORIO NI TRABAJO QUE NO ESTE DESCRITO EN ESTA COTIZACION.
- * NO SE INCLUYE EL IZAJE DE LOS EQUIPOS, SERA RESPONSABILIDAD DE OBRA CIVIL HASTA SU UBICACION DEFINITIVA EN OBRA.
- * NO SE INCLUYE DESMONTAJE DE EQUIPOS U OTRO MATERIAL.
- * NO SE INCLUYE NINGUN TIPO DE TRAMITE (MUNICIPIO U OTROS).
- * NO SE INCLUYE EL SISTEMA BMS NI PREVISIONES PARA ESTE SISTEMA.
- * NO SE INCLUYE CARTAS FIANZAS.
- * NO SE INCLUYE EXAMEN MEDICO ESPECIAL PARA EL PERSONAL TECNICO, SOLO EXAMENES MEDICOS OCUPACIONALES.
- * NO SE INCLUYE COSTOS DE SEGUROS EN GENERAL.
- * NO SE INCLUYE INGENIERO RESIDENTE NI PREVENIONISTA.

7.-NOTA 3: TRABAJOS PROPORCIONADOS POR LA OBRA CIVIL O PROPIETARIO:

- * ALIMENTACION ELECTRICA DE FUERZA (CONDUCTOR+ENTUBADO) DEBIDAMENTE PROTEGIDA HASTA TODOS LOS EQUIPOS, A UNA DISTANCIA MAXIMA DE 0.5 MT.
- * LA FUERZA DEBE SER PROPORCIONADO A CADA EQUIPO DESDE UNA LLAVE TERMOMAGNETICA
- * LA FUERZA DEBE PROPORCIONARSE EN EL VOLTAJE QUE REQUIERE CADA EQUIPO Y/O ACCESORIO ELECTRICO.
- * ENTUBADO DE TODO EL SISTEMA DE CONTROL, CONDENSADORES, EVAPORADORES, TERMOSTATOS, CONTROLES, VENTILADORES, SENSORES, TABLEROS.
- * PUNTO DE DRENAJE MÁX A 0.5 MT. DE CADA EVAPORADOR, LA MISMA QUE YA DEBERA CONTAR CON SU TRAMPA.
- * ENERGIA ELECTRICA PROVISIONAL PARA LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS DE INSTALACION.
- * TODAS LAS CAJAS PARA LOS SENSORES (DE CO, DE PRESION, DE HUMO, ETC) Y TERMOSTATOS QUE SE REQUIERAN EN LA OBRA.
- * HABILITACION DE ACCESOS (TAPAS, PUERTAS, PASES) PARA LOS EQUIPOS, PARA INSTALACION Y MANTENIMIENTO.
- * SEÑAL O PUNTO DE CONTROL DEL SISTEMA CONTRAINCENDIO HASTA LOS TABLEROS DE LOS EQUIPOS QUE LO REQUIERAN.
- * TODAS LAS REJILLAS EN PISO Y O PUERTAS SEGÚN SE INDIQUE EN PLANOS.
- * HABILITACION DE UNA CASETA Y ALMACEN PARA LOS EQUIPOS Y MATERIALES.
- * ELIMINACION DE ESCOMBROS Y DESECHOS.
- * CANALETAS U OTRAS COBERTURAS QUE SE REQUIERAN EN OBRA.
- * TRABAJOS DE DRYWALL EN GENERAL EN PAREDES O TECHOS.
- * INSTALACION DE TECHOS PARA LOS EQUIPOS, TABLEROS U OTROS ELEMENTOS QUE LO REQUIERAN EN OBRA.
- * SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y BAÑOS PARA EL PERSONAL DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA.
- * TODOS LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL (PASES, RESANES EN PAREDES TECHOS Y PINTURA), EN CUALQUIER ETAPA DE LA OBRA.
- * LOS PERMISOS Y AUTORIZACIONES PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS (IZAJE DE EQUIPOS MANIOBRAS, ETC.).
- * REFUERZO DE TECHOS PARA LA INSTALACION DE LOS EQUIPOS SI FUERA EL CASO.
- * BASES ANTIVIBRATORIAS EN GENERAL PARA TODOS LOS EQUIPOS.
- * SUMIDERO EN EL TECHO CERCA DE LOS EQUIPOS CONDENSADORES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.
- * NUESTRA PROPUESTA NO COMPRENDE TRABAJOS DE TRATAMIENTO ACUSTICO, NI ANTIVIBRATORIO. (PARA SALA DE MAQUINAS, SOPORTES ESPECIALES, ETC).

8.-NOTA 4: ACLARACIONES DE LA PROPUESTA:

- * LOS DUCTOS DE VENTILACION SERAN DE PLANCHA DE FIERRO GALVANIZADA.
- * LOS DUCTOS VERTICALES DE VENTILACION SERAN DE MAMPOSTERIA.
- * LOS TRABAJOS SE REALIZARAN DE ACUERDOS A NUESTROS PROCEDMIENTOS QUE RESPETAN LAS NORMAS Y RECOMENDACIONES DE LA MARCA.
- * CUALQUIER PROCEDIMIENTO DE INSTALACION ESPECIAL SERA COTIZADO COMO UN ADICIONAL.

ATTE.

Fernando Villanueva
Dpto. de Ingeniería y Proyectos | COINREFRI AIR S.A.C

Ing° Miguel Perez
Gerente Técnico | COINREFRI AIR S.A.C



Av. Gral. Vivanco 1055,
Pueblo Libre, Lima 21, Perú
T: 511 461 6310

www.coinrefri.com