

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA
PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS
ESTACIONAMIENTOS SUBTERRÁNEOS DEL EDIFICIO DE
OFICINAS TIME, DISTRITO DE SURCO LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

ALBERTO ANTONIO GRANADOS AYALA

Callao, 2019

PERÚ

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el auditorio Ausberto Rojas Saldaña de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, sito Av. Juan Pablo II N° 306, Bellavista - Callao, siendo las 7:00 hrs. del día viernes 06 de diciembre de 2019, se reunieron los miembros del Jurado Revisor y Evaluador para la Sustentación de Tesis del I Ciclo Taller de Tesis -Titulación por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis- de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao.

- Dr. Jaime Gregorio Flores Sánchez : Presidente
- Dr. Juan Manuel Lara Márquez : Secretario
- Dr. Rubén Francisco Pérez Bolívar : Vocal
- Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro : 2do. Vocal (Suplente)

Designados por Resolución Decanal N° 044-2019-D-FIME de fecha 22 de noviembre de 2019 y Resolución de Consejo de Facultad N° 165-2019-CF-FIME de fecha 26 de noviembre de 2019, a fin de proceder al acto de evaluación de la Tesis titulada: "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS ESTACIONAMIENTOS SUBTERRÁNEOS DEL EDIFICIO DE OFICINAS TIME, DISTRITO DE SURCO LIMA**", presentada por el señor Bachiller **GRANADOS AYALA ALBERTO ANTONIO**.

Contando con la presencia del Supervisor General, Decano de la Facultad de Ingeniería Química, Dr. Luis Américo Carrasco Venegas, Supervisor de la FIME, Dr. José Hugo Tezen Campos y el representante de la Comisión de Grados y Títulos Eco. Guillermo Alonso Gallarday Morales.

A continuación, se dio inicio a la sustentación de la Tesis de acuerdo a lo normado en los artículos del 51° al 60° del CAPÍTULO III: TITULACIÓN y GRADUACIÓN CON CICLO TALLER DE TESIS del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30 de octubre de 2018.

Culminado el acto de sustentación, los señores miembros del Jurado Revisor y Evaluador procedieron a formular las preguntas al indicado bachiller, las mismas que no fueron absueltas satisfactoriamente.

Luego de un cuarto de intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación de la Tesis, se acordó: calificar la tesis sustentada por el señor bachiller **GRANADOS AYALA ALBERTO ANTONIO** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

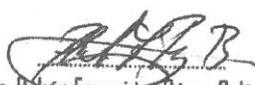
CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
<u>16</u>	<u>MUY BUENO</u>

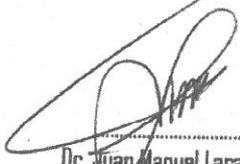
Finalmente, se procedió a leer en público el acta de sustentación.

Siendo las 7:15 horas del día viernes seis de diciembre del dos mil diecinueve, el señor Presidente del Jurado Revisor y Evaluador dio por concluido el acto de sustentación de Tesis.

En señal de conformidad con lo actuado, se levanta la presente acta.


Dr. Jaime Gregorio Flores Sánchez
Presidente de Jurado


Dr. Rubén Francisco Pérez Bolívar
Vocal de Jurado


Dr. Juan Manuel Lara Márquez
Secretario de Jurado


Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro
2do. Vocal de Jurado

DEDICATORIA:

A mi madre por su amor, trabajo y sacrificio en todos los años de mi vida, porque gracias a ella he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, es para mi un orgullo y privilegio ser su hijo.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores del ciclo de tesis y a mi asesor, por haberme guiado a la culminación de este trabajo de tesis.

A mi universidad por haberme permitido formarme en ella.

A todos los profesores de la gloriosa facultad de ingeniería mecánica y energía que tuvieron participación en este proceso, ya que fueron ustedes los responsables de haberme formado tanto en valores morales como en conocimiento científico, que el día de hoy se ve reflejado en mi desempeño laboral en el mercado peruano.

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO	8
TABLAS DE IMÁGENES	10
TABLAS DE GRÁFICOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. Descripción de la realidad problemática	18
1.2. Formulación del problema	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Objetivos de la investigación	21
1.3.1. Objetivo general:	21
1.3.2. Objetivos específicos:	21
1.4. Limitantes de la investigación	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes del estudio	23
2.1.1. Antecedentes Nacionales de estudio	23
2.1.2. Antecedentes Internacionales de estudio	28
2.2. Bases Teóricas	32
2.2.1. Sistema de ventilación mecánica	32
2.2.2. Métodos de ventilación mecánica	33
2.2.3. Ductos de extracción	36
2.2.4. Ventiladores de impulso o jet fans	40
2.2.5. Equipos y Accesorios	42
2.2.6. Panel de Control	45
2.2.7. Simulacion CFD	46

2.2.8. Calidad del Aire	48
2.2.9. Consumo eléctrico en sistemas de ventilación mecánica	50
2.2.10. Intercambio eficiente entre aire exterior y contaminado	51
2.3. Conceptual	52
2.3.1. Ventilación mecánica en estacionamientos	52
2.3.2. Ventilación mecánica por renovación en estacionamientos.	52
2.3.3. Cálculo de la caída de presión en los ductos	58
2.3.4. Cálculo de los jet fans por el método de áreas de ventilación	62
2.3.5. Equipamiento en estacionamientos	65
2.3.6. Tableros de control en estacionamientos	66
2.3.7. Simulación CFD para ventiladores	74
2.4. Definiciones de términos básicos.	75
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	77
3.1. Hipótesis	77
3.1.1. Hipótesis general	77
3.1.2. Hipótesis específica	77
3.2. Definición conceptual de las variables	78
3.2.1. Variable Independiente:	78
3.2.2. Variable Dependiente:	78
3.2.3. Operacionalización de las variables	78
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO	80
4.1. Tipo y diseño de la investigación	80
4.1.1. Tipo de investigación	80
4.1.2. Diseño de la investigación	80
4.2. Método de Investigación	81
4.3. Población y muestra	82
4.4. Lugar de estudio y período desarrollado	82
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	82

4.6. Análisis y procesamiento de datos:	83
CAPÍTULO V: RESULTADOS	120
5.1. Resultados Descriptivos	120
5.2. Resultados Inferenciales	124
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	134
6.1. Constrastacion y demostracion de la hipótesis con los resultados	134
6.2. Constrastacion de los resultados con otros estudios similares.	134
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	135
CONCLUSIONES:	136
RECOMENDACIONES:	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
ANEXOS:	140
ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA:	141
ANEXO 2. INSTRUMENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCION EN ESTACIONAMIENTOS	142
ANEXO 3: PLANO DEL SÓTANO 1-PARTE 1	143
ANEXO 4 PLANO DEL SÓTANO 1-PARTE 2	144
ANEXO 5. PLANO DEL SÓTANO 2-PARTE 1	145
ANEXO 6: PLANO DEL SOTANO 2-PARTE 2	146
ANEXO 7: PLANO DEL SÓTANO 3 AL 7-PARTE 1	147
ANEXO 8: PLANO DEL SÓTANO 3 AL 7-PARTE 2 2	148
ANEXO 9: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE I	149
ANEXO 10: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE II	150
ANEXO 11: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE III	151
ANEXO 12: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE IV	152
ANEXO 13: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE V	152
ANEXO 14: FICHA TÉCNICA DEL TCP	154
ANEXO 15: FICHA TÉCNICA IFAB	155

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla N° 2.1.Resultados de la investigación de Marcial	24
Tabla N° 2.2.Resultados de la investigación de Salazar	25
Tabla N° 2.3.Resultados de la investigación de Zavaleta	27
Tabla N° 2.4.Resultados de la investigación de Cando	28
Tabla N° 2.5.Resultados de la investigación de Arenas.....	30
Tabla N° 2.6.Resultados de la investigación de Marin	31
Tabla N° 2.7.Tabla de renovaciones de aire	35
Tabla N° 2.8.Velocidades recomendadas en ductos.....	37
Tabla N° 2.9.Presión recomendada en ductos.....	37
Tabla N° 2.10.Eficiencia de los filtros de aire	44
Tabla N° 2.11.Velocidades recomendadas de impulsión	44
Tabla N° 2.12.Velocidades recomendadas de extracción	45
Tabla N° 2.13.Componentes del aire seco.....	48
Tabla N° 2.14.Gases componentes del aire.....	49
Tabla N° 2.15.Efectos de la exposición de monóxido de carbono en las personas	50
Tabla N° 2.16.Condiciones de diseño en los estacionamientos.....	53
Tabla N° 2.17.Tiempo de entrada y de salida de los estacionamientos.....	56
Tabla N° 2.18.Emisión de los gases vehiculares	56
Tabla N° 2.19.Datos para el diseño del ashrae.....	57
Tabla N° 2.20.Valores de Factor “C”	58
Tabla N° 2.21.Rugosidad para diferentes tipos de ductos	59
Tabla N° 2.22.Nomenclatura para el diseño de ductos	62
Tabla N° 2.23.Modelos de interruptores termomágneticos	68
Tabla N° 2.24.Modelos de interruptores secundarios	69
Tabla N° 2.25.Modelos de contactores	70
Tabla N° 2.26.Modelos de relé de sobrecarga	71
Tabla N° 2.27.Modelos de rasantes	72
Tabla N° 2.28.Modelos de luces piloto	72
Tabla N° 2.29.Modelos de switches	73

Tabla N° 3.1.Operacionalización de las variables	79
Tabla N° 4.1.Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	83
Tabla N° 4.2.FASES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	83
Tabla N° 4.3.DATOS DE PARTIDA PARA EL INICIO DEL ESTUDIO.....	84
Tabla N° 4.4.Caída de presión estática total en el tramo 1	92
Tabla N° 4.5.Diámetro equivalente en el tramo 1.....	92
Tabla N° 4.6.Caída de presión estática total en el tramo 2	93
Tabla N° 4.7.Diámetro equivalente en el tramo 2.....	93
Tabla N° 4.8.Cálculo de coeficiente de pérdida dinámicas en el tramo 1	94
Tabla N° 4.9.Cálculo del coeficiente de pérdida dinámico en el tramo 1	94
Tabla N° 4.10.Caída de presión dinámica en el tramo 1	94
Tabla N° 4.11.Cálculo del coeficiente de pérdida dinámicas en el tramo 2.....	95
Tabla N° 4.12.Cálculo del coeficiente de pérdidas dinámicas en el tramo 2....	95
Tabla N° 4.13.Caída de presión dinámica en el tramo 2.....	96
Tabla N° 4.14.Consumo eléctrico de los equipos	105
Tabla N° 4.15.Cálculo de la corriente nominal y de diseño.....	105
Tabla N° 4.16.Selección de los componentes para el tablero de control	106
Tabla N° 4.17. Continuación de la selección de los componentes para el tablero de control	106
Tabla N° 5.1.Cálculo de los caudales por diferentes métodos.....	120
Tabla N° 5.2.Cálculo de la velocidad inducida	121
Tabla N° 5.3.Velocidades inducidas recomendadas	121
Tabla N° 5.4.Ventiladores de impulso utilizados en el estudio.....	122
Tabla N° 5.5.Superficies normales de ventilación para el modelo TCP 6/450	122
Tabla N° 5.6.Superficies normales de ventilación para el modelo IFAB.	123
Tabla N° 5.7.Cantidad de jet fans del modelo TCP 6/450.....	123
Tabla N° 5.8.Cantidad de jet fans del modelo IFAB.	124
Tabla N° 5.9.Caudales y ventiladores finales de impulsión seleccionados	124
Tabla N° 5.10.Caudales y caídas de presión de inyección finales del proyecto	125
Tabla N° 5.11. Caudales y caídas de presión de extracción finales del proyecto	125

TABLAS DE IMÁGENES

Figura N° 2.1.Esquema de ventilación por sobrepresión	32
Figura N° 2.2.Esquema de ventilación por depresión	33
Figura N° 2.3.Esquema de ventilación ambiental.....	33
Figura N° 2.4.Tablero de control para ventilación de estacionamientos	46
Figura N° 2.5.Malla Estructurada	47
Figura N° 2.6.Malla no estructurada.....	47
Figura N° 2.7.Recorrido de la entrada y de la salida del aire	63
Figura N° 2.8.Ubicacion de los sensores de monóxido.....	65
Figura N° 2.9.Esquema de control de estacionamientos	67
Figura N° 2.10.Interruptor electromagnético de caja moldeada	67
Figura N° 2.11.Interruptor electromagnético	69
Figura N° 2.12.Contactor	70
Figura N° 2.13.Relé de sobrecarga.....	71
Figura N° 2.14.Pasos para la selección de un variador de velocidad	74
Figura N° 2.15.Resultados de la simulación CFD	75
Figura N° 4.1.Puntos de inyección y de extracción	88
Figura N° 4.2.Ubicación tentativa de las rejillas de extracción.....	89
Figura N° 4.3.Recorrido total de los ductos de extracción	89
Figura N° 4.4.Acercamiento al recorrido de extracción	90
Figura N° 4.5.Segmentación de la extracción de monóxido.....	91
Figura N° 4.6.Ventilador de alábes atrazados.....	100
Figura N° 4.7.Selección de ventilador mediante software.....	101
Figura N° 4.8.Curvas del ventilador seleccionado.....	101
Figura N° 4.9.Ubicación de los sensores de monóxido.....	102
Figura N° 4.10.Dimesionamiento de ductos mediante software.....	103
Figura N° 4.11.Dampers seleccionados.....	104
Figura N° 4.12.Croquis del ventilador de impulso TCP 6/450	108
Figura N° 4.13.Extrusión del ventilador de impulso TCP 6/450	108
Figura N° 4.14.Solido del TCP 6/450	109
Figura N° 4.15.Croquis del Modelo IFAB	109

Figura N° 4.16.Extrusión ventilador de impulso IFAB	110
Figura N° 4.17.Sólido del modelo IFAB.....	110
Figura N° 4.18.Vista de planta del estacionamiento 1.....	111
Figura N° 4.19.Extrusión del estacionamiento 1	111
Figura N° 4.20.Sólido final del estacionamiento 1	112
Figura N° 4.21.Acercamiento al estacionamiento 1	112
Figura N° 4.22.Bosquejado de los ductos en el estacionamiento 1	113
Figura N° 4.23.Creación del ensamble con los jet fans.....	113
Figura N° 4.24.Visualización del ensamble	114
Figura N° 4.25.Ubicación inicial de los ventiladores de impulso	114
Figura N° 4.26.Ubicación tentativa de los equipos de ventilación	115
Figura N° 4.27.Creación del modelo en el flow complement.....	115
Figura N° 4.28.Asignación de las unidades en el software	116
Figura N° 4.29.Selección del aire como fluido de trabajo en el software	116
Figura N° 4.30.Mallado Computacional.....	117
Figura N° 4.31.Asignación de los valores de caudal a los equipos	117
Figura N° 4.32.Inicio del proceso de simulación	118
Figura N° 5.1.Vista isométrica del perfil de velocidades en el sótano 1	126
Figura N° 5.2.Vista de planta del perfil de velocidades en el sótano 1.....	126
Figura N° 5.3.Vista isométrica del perfil de velocidades en el sótano 2.....	127
Figura N° 5.4.Vista isométrica de velocidades en el sótano 3 al 7.....	127
Figura N° 5.5.Vista de planta del perfil de velocidades del sótano 3 al 7.....	128
Figura N° 5.6.Trayectoria estimada del dardo del ventilador de impulso IFAB en el sótano 1.....	128
Figura N° 5.7.Trayectoria estimada del dardo del ventilador de impulso TCP 6/450 en sótano 2	129
Figura N° 5.8.Trayectoria estimada del dardo del ventilador de impulso IFAB en el sótano 2.....	130
Figura N° 5.9.Trayectoria estimada del dardo del ventilador de impulso TCP 6/450 del sótano 3 al 7.....	131
Figura N° 5.10.Trayectoria estimada del dardo del ventilador de impulso IFAB del sótano 3 al 7.....	132

TABLAS DE GRÁFICOS

Gráfico N° 2.1.Factor de concentración de monóxido.....	55
Gráfico N° 2.2.Gráfico para diseño de ductos.....	60
Gráfico N° 4.1.Resultados de la convergencia.....	119
Gráfico N° 5.1.Perfil de velocidades del modelo IFAB en el sótano 1.....	129
Gráfico N° 5.2.Perfil de velocidades del modelo TCP 6/450 en el sótano 2...	130
Gráfico N° 5.3.Perfil de velocidades del modelo IFAB en el sótano 2.....	131
Gráfico N° 5.4.Perfil de velocidades del modelo TCP/6450 del sótano 3 al sótano 7	132
Gráfico N° 5.5.Perfil de velocidades del modelo IFAB del sótano 3 al sótano 7	133

RESUMEN

En la presente tesis se propuso un sistema de ventilación mecánica para la extracción de los gases contaminantes, capaz de mejorar la calidad del aire en los siete niveles de los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas Time, ubicado en el distrito de Santiago de Surco.

En esta tesis se realizó una investigación del tipo tecnológica y de nivel aplicado, con un diseño del tipo no experimental, transversal-descriptivo, utilizando el método científico específico-inferencial. Para la comprobación de la hipótesis general se utilizó la dinámica de fluidos computacional, utilizando el software Solidworks, el cual nos permitió comprobar la efectividad del diseño.

Como resultados se obtuvieron siete sistemas de ventilación independientes; para el primer sótano un caudal de inyección de 13,881 cfm, para el segundo sótano un caudal de inyección de 10,892 cfm, con un caudal de extracción con 12,814 cfm, luego para el tercer sótano hasta el séptimo sótano se obtuvo un caudal de inyección de 11,197 cfm, con un caudal de extracción de 13,173 cfm, además de contar cada uno de estos sótanos con tres ventiladores de impulso tubulares y cuatro ventiladores de impulso del tipo centrifugos, cada uno con un empuje de 18 N y 11 N respectivamente.

Se logró una adecuada extracción de los gases contaminantes y sobre todo una correcta dilución del monóxido de carbono, consiguiéndose en varios puntos del estacionamiento concentraciones menores a las 30 ppm, que se lograron al obtener valores de velocidad del aire entre $0.1 \frac{m}{s}$ y $0.25 \frac{m}{s}$, mejorando considerablemente la calidad del aire dentro de los estacionamientos.

Palabras claves: Diseño de un sistema de ventilación mecánica, ventiladores de impulso, mejora en la calidad del aire.

ABSTRACT

In this thesis a mechanical ventilation system was proposed for the extraction of polluting gases, capable of improving the air quality in the seven levels of the underground parking lots of the Time office building, located in the district of Santiago de Surco.

In this thesis an investigation of the technological type and of applied level was carried out, with a design of the non-experimental, transversal-descriptive type, using the specific-inferential scientific method. The computational fluid dynamics is used to verify the general hypotheses, using Solidworks software, which allows us to verify the effectiveness of the design.

As results, seven independent ventilation systems were obtained; for the first basement an injection rate of 13,881 cfm, for the second basement an injection rate of 10,892 cfm, with an extraction rate of 12,814 cfm, then for the third basement until the seventh basement an injection rate of 11,197 was obtained cfm, with an extraction flow rate of 13,173 cfm, in addition to each of these basements having three tubular impulse fans and four centrifugal impulse fans, each one with a thrust of 18 N and 11 N respectively.

An adequate extraction of the polluting gases was achieved and, above all, a correct dilution of the carbon monoxide, achieving concentrations at less than 30 ppm at various points in the parking lot, which was achieved by obtaining air velocity values between $0.1 \frac{m}{s}$ y $0.25 \frac{m}{s}$, considerably improving the air quality inside the parking lots.

Key Words: Design of a mechanical ventilation system, impulse fans, improvement in air quality.

INTRODUCCIÓN

El diseño de los sistemas de extracción mecánica para mejorar la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos toma vital importancia en el mundo, dados los altos índices de contaminación ambiental generada por la quema de combustibles fósiles y las malas prácticas ambientales

Es por ello que en Europa, se pone gran énfasis en la utilización de este sistema de extracción mecánica, pero utilizando los ventiladores de impulso, que permiten un ahorro considerable de energía, sin dejar de lado la mejora en la calidad del aire

En el Perú, este tipo de sistemas de ventilación mecánica, que utiliza ventiladores de impulso no es bien conocido, o si se utiliza no se hace de una manera correcta por lo que ocasiona altos niveles de contaminación ambiental, afectando la salud de las personas, por otro lado proyectistas locales utilizan un sistema tradicional para lograr mejorar la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos; el sistema de ductos y rejillas de extracción.

En el distrito de Santiago de Surco, ubicado en Lima Metropolitana, se encuentra el edificio de oficinas boutique Time, el cual presenta una mala calidad del aire en sus estacionamientos subterráneos, por lo que el problema general de la investigación es ¿Cómo el diseño del sistema de ventilación mecánica adecuado para la extracción de los gases contaminantes permite mejorar la calidad del aire?. La hipótesis central es que con el diseño del sistema de ventilación mecánica adecuado para la extracción de gases contaminantes se mejora la calidad del aire, los objetivos que persigue esta investigación son los de diseñar adecuadamente un sistema de ventilación mecánica, calcular el caudal de renovación, diseñar los ductos, cuantificar el número de ventiladores de impulso a emplear y por último verificar el diseño planteado con la ayuda de la dinámica de fluidos computacional.

Para llevar acabo este trabajo de tesis se dividió en seis partes la primera parte PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, se dan a conocer cuales son las consecuencias de la contaminación ambiental en el mundo, asi como también cual es la ubicación del Perú y el porque de esta ubicación en el ranking mundial de los países con alto índice de contaminación ambiental, además se indican cuales son los distritos más contaminados en Lima Metropolitana,

En la segunda parte MARCO TEÓRICO, se mencionan los trabajos de diferentes universidades nacionales e internacionales, siendo a nivel nacional la de la Universidad Tecnológica del Perú la más afin con mi trabajo de tesis, sin embargo deja la comprobación de la factibilidad de su diseño, a la puesta en funcionamiento del sistema, sin embargo la tesis de la Universidad San Francisco de Quito, utiliza el método de comprobación por la dinámica de fluidos computacional, que también se utilizó en la presente tesis, además se menciona en esta parte las formulas para determinar las pérdidas en ductos y los diferentes métodos que se tiene para la cuantificación de los ventiladores de impulso, asi como de que manera seleccionar correctamente los accesorios utilizados en una típica instalación de extracción de monóxido , se hace alusión también a la diferentes teorías sobre ventilacion mecanica que nos ayudaron en el desarrollo de la tesis , luego esta la definición de términos básicos, que ayudan considerablemente a entender el desarrollo de la tesis por parte de profesionales que no sean de la especialidad de ingeniería mecánica,

En la tercera parte de HIPÓTESIS Y VARIABLES, se menciona las hipótesis generales y específicas, además de dar una definición conceptual de las variables independientes y dependientes, mostrando también la matriz de operacionalizacion simplificando la comprensión de las variables, mostrando definiciones de fácil comprensión.

La cuarta parte es la de DISEÑO METODOLÓGICO, la cual menciona el tipo de investigación, su nivel y el diseño que debido al corto tiempo de elaboración

de la tesis se optó por el diseño no experimental, se menciona también el análisis documental como técnica para la recolección de la información, además de mostrar en el análisis y procesamiento de datos, el paso a paso de como se determinaron los resultados de la tesis.

La quinta parte de los RESULTADOS ,se muestran todos los valores necesarios para poder cumplir el objetivo de mejorar la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos, que junto con el reporte de la dinámica de fluidos computacional se logra verificar la viabilidad del sistema antes de ser instalado, evitando sobrecostos a la hora de la puesta en marcha del sistema.

En la sexta parte de DISCUSIÓN DE RESULTADOS, se realizo una comparación con los estudios mas afines con el presente trabajo de investigación y se corrobora, que el planteamiento mostrado en esta tesis es novedoso y útil a la hora de enfrentar este tipo de problemática.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el mundo la mala calidad del aire es un peligro latente, es por ello que se realizan mediciones de la cantidad de materia particulada o PM 2.5¹ constantemente, teniendo como ultimo estudio el reporte realizado en el año 2018 por Air Visual² , indicando que 7 millones de personas mueren anualmente por la contaminación ambiental en el mundo. Teniendo al país de Bangladesh ubicado en el continente asiático como el país mas contaminado del mundo con una concentración de $97.1 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$.

Asu vez en este reporte se indica que los países de Chile, Perú, México, Brasil y Colombia son los que tienen la peor calidad de aire en el continente americano, siendo el país con peor calidad del aire en sudamérica el del Perú con $32.5 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$, es por ello que la ciudad de Lima se encuentra ubicada en el octavo puesto como la ciudad mas contaminada de latinoamerica, teniendo en cuenta la escala de medicion en base a las partículas finas conocidas como PM 2.5.

En Lima metropolitana los distritos más contaminados son los de Ate, San Juan de Lurigancho, Comas y Carabaylo , los cuales respiran una calidad de aire considerada como mala debido a la antigüedad del parque automotor, la mala calidad del combustible empleado en el paque automor de esas zonas y el comercio ambulatorio y las malas practicas ambientales.

¹ Se refiere a partículas que miden 2.5 micras de tamaño.

² Entidad encargada de realizar estudios sobre la calidad del aire en el mundo.

Según la AAP³ la antigüedad del parque automotor en la ciudad de Lima es de 15 años , debido a que el parque automotor solo se renueva en 6% anualmente, además de tener el índice de motorización ⁴mas bajo en la region, la APP nos indica también que en la ciudad de Lima la cantidad de vehículos por personas es de 12 personas por 1 vehiculo, siendo esta relacion considerablemente baja si se compara con otros países de sudamerica.

Es en este contexto que en el distrito de Santiago de Surco, se encuentra ubicado el edificio de oficinas Time perteneciente a la constructora Marcan que presenta una mala calidad del aire en los estacionamientos subterráneos, al no contar con un sistema de extracción mecánica de gases contaminantes.

La causa de la mala calidad del aire en los estacionamientos subterráneos es la ausencia de renovación de aire ocasionada por la nula interconexión entre los estacionamientos y el aire exterior, permitiendo altas concentraciones de los gases contaminantes, en especial del monóxido de carbono que al ser menos denso que el aire tiende a localizarse en las partes superiores de los estacionamientos subterráneos, siendo fácilmente respirable por las personas que transitan por la zona. Si es que este problema no se llegara a solucionar antes de que todo el edificio se encuentre habitado, originara graves afecciones a la salud de los habitantes del edificio, como son por ejemplo enfermedades en las vías respiratorias, otra consecuencia de no solucionar este problema seria el desgaste prematuro de la infraestructura del edificio, con estos dos fenómenos en latente crecimiento este edificio presentara con el tiempo el síndrome de edificio enfermo⁵.

Con el aporte de este trabajo de investigación se muestra un diseño de un sistema de ventilacion mecánica no convencional, que combina el método tradicional de ductos y rejillas con el método de extracción de monóxido de

³ Asociacion Atomotriz del Perú.

⁴ Cantidad de vehículos por cada mil habitantes.

⁵ Fenómeno ocasionado por la falta de ventilación mecánica o la mala ventilación mecánica

carbono que utiliza ventiladores de impulso, con el uso de estos dos criterios se lograron resultados mas que satisfactorios en la dilución y el control del monóxido de carbono.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

✚ ¿Cómo el diseño del sistema de ventilación mecánica adecuado para la extracción de los gases contaminantes permite mejorar la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas Time?.

1.2.2. Problemas específicos

✚ ¿Cómo el calculo del caudal de renovación asegura que la concentración de monóxido de carbono no sobrepase su limite permisible?.

✚ ¿De qué manera el diseño de los ductos de extracción y la cuantificación de los ventiladores de impulso pueden guiar adecuadamente el aire contaminado hacia el exterior?.

✚ ¿De qué manera una correcta selección de los equipos y accesorios permiten un buen funcionamiento del sistema de ventilación mecánica?.

✚ ¿En qué medida la simulación mediante la dinámica de fluidos computacional nos permite encontrar la ubicación de los equipos en el estacionamiento que aseguren el eficiente intercambio entre el aire puro y contaminado?.

1.3. Objetivos de la investigación

La presente tesis persigue los siguientes objetivos:

1.3.1. Objetivo general:

- ✚ Diseñar un sistema de ventilación mecánica adecuado para la extracción de los gases contaminantes que permite mejorar la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas Time.

1.3.2. Objetivos específicos:

- ✚ Calcular el caudal de renovación que asegure que la concentración de monóxido de carbono no sobrepase su límite permisible.
- ✚ Diseñar los ductos de extracción y cuantificar los ventiladores de impulso para guiar adecuadamente el aire contaminado hacia el exterior .
- ✚ Seleccionar de manera correcta los equipos y accesorios que permiten un buen funcionamiento del sistema de ventilación mecánica.
- ✚ Simular mediante la dinámica de fluidos computacional el sistema de ventilación mecánica para encontrar la ubicación de los equipos en el estacionamiento que aseguren el eficiente intercambio entre el aire puro y contaminado.

1.4. Limitantes de la investigación

✚ Teórica:

“Consiste en organizar en secuencia lógica, orgánica y deductiva, los temas ejes que forman parte del marco teórico en la que se circunscriben las variables del problema de investigación” (Carrasco,2005, p. 88).

Dado que en el reglamento nacional de edificaciones no se indica una metodología para el diseño de un sistema de ventilación mecánica utilizando ventiladores de impulso, se considero criterios de ingeniería de fabricantes de ventiladores de procedencia europea.

Temporal:

“La delimitación temporal esta referida al periodo de tiempo que se toma en cuenta, con relación a hechos, fenómenos y sujetos de la realidad, y deben de ser de uno o dos, o más años. No debe confundirse con la duración del trabajo de investigación que puede ser diez años o más”.

(Carrasco,2005, p. 87).

El presente proyecto se realizo en los meses de octubre a diciembre del año 2018 por la empresa Motorex S.A, en la cual me desempeñe como analista de ingeniería, encargado del departamento de simulaciones numéricas.

Espacial:

“Consiste en señalar expresamente el lugar donde se realiza la investigación, para ello es necesario consignar el nombre del lugar, centro poblado, distrito, provincia, departamento, etcétera” (Carrasco,2005, p. 87).

El presente proyecto se desarrollo en el edificio de oficinas Time Surco, ubicado en el cruce de Jr.Cruz del Sur Mz. E LT 85 lote 1 y 2 distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Nacionales de estudio

MARCIAL Valladares, Yampier Alberto. Diseño de un sistema de ventilación mecánica para asegurar la concentración permisible de monóxido de carbono en el estacionamiento subterráneo del edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la República. Informe de Suficiencia Profesional (Ingeniero Mecánico). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería, 2019. 222 pp.

Disponible en <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2110>.

La investigación tuvo como objetivo general el diseñar un sistema de ventilación mecánica en los sótanos 1,2,3 y 4 para el edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la República, para controlar y asegurar la calidad del aire limpio.

La metodología utilizada es el estudio explicativo, ya que se puede analizar y dar respuesta a las posibles causas de la concentración excesiva de monóxido de carbono en el ambiente, también sería descriptivo ya que describe la realidad problemática que existe en la acumulación de monóxido de carbono y determina la contaminación del ambiente en sótanos.

El diseño utilizado es del tipo no experimental, dado que las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables y no se puede influir en ellas.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la investigación realizada:

Tabla N° 2.1.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE MARCIAL

Nivel de Sotano	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Caudal de Extracción	18,324 cfm	18,324 cfm	18,324 cfm	18,324 cfm
Caudal de Inyección	18,324 cfm	18,324 cfm	18,324 cfm	18,324 cfm
Pérdida de presión total para extracción	2 in.ca	2 in.ca	2 in.ca	2 in.ca
Pérdida de presión total para inyección	1.2 in.ca	1.2 in.ca	1.2 in.ca	-
Características eléctricas del proyecto	380v/3/60	380v/3/60	380v/3/60	-

Fuente:Elaboracion Propia

Además de utilizar 18 unidades de sensores de monóxido de carbono, los cuales al sensar una concentración superior a los 25 ppm, accionaran los ventiladores dedicados a la extracción de monóxido de carbono.

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

- ✚ El diseño del sistema de ventilacion que se realizo es el mas adecuado y efectivo, dado que las pruebas realizadas verifican que el aire que circula dentro del estacionamiento es aire mas limpio y de calidad.
- ✚ Los calculos de caudales obtenidos en la investigacion garantizan una concentración de monóxido de carbono de 25 ppm, como minimo dentro de los estacionamientos.
- ✚ Los ductos diseñados para la extracción y la inyección de aire, se realizo por ductos colgados sobre el techo y pegados hacia lados laterales, mientras que la inyección se coloco en el centro del estacionamiento para que el movimiento del aire tenga un barrido apropiado y pueda disminuir la contaminación del gas contaminante al limite establecido en menor tiempo para alcanzar bajar el consumo electrico.

SALAZAR Mera, Esvin. Diseño de un sistema de ventilación con detección de monóxido de carbono (CO) para sótanos de estacionamientos de un edificio multifamiliar. Examen de Suficiencia (Ingeniero Mecánico Electricista). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2017. 121 pp.

Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2243>

De cuya investigación se tiene el siguiente objetivo general: El diseño de un sistema de ventilación con detección automatizado de monóxido de carbono para sótanos en estacionamientos de un multifamiliar que asegure la calidad del aire dentro de ellos.

El tipo de metodología que se utilizó es la cuantitativa, el tipo de estudio fue descriptivo y correlacional, diseño no experimental, dado que se usaron diversas técnicas o instrumentos de recojo de la información como la revisión documental, las encuestas y las fichas bibliográficas.

Los resultados de la investigación realizada fueron los siguientes:

Tabla N° 2.2.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE SALAZAR

Nivel de Sotáno	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3
Caudal de Extracción	979.69 l/s	1175.62 l/s	1175.62 l/s
Caudal de Inyección	979.69 l/s	1175.62 l/s	1175.62 l/s
Perdida de presión total para extracción	809.16 Pa	822.89 Pa	857.46 Pa
Perdida de presión total para inyección	809.16 Pa	822.89 Pa	857.46 Pa
Características eléctricas del proyecto	380v/3/60	380v/3/60	380v/3/60

Fuente: Elaboración Propia

Del que se concluyó lo siguiente:

- ✚ El sistema de ductos del estacionamiento se diseñó para conducir el aire contaminado desde los puntos de extracción, al nivel del suelo y distribuidos en cada piso, hacia las bocas de descarga a 2.5 metros sobre el nivel del piso terminado, este criterio fue el más apropiado desde el punto de vista funcional, como económico.
- ✚ El sistema de ventilación diseñado garantiza la extracción del nivel de monóxido de carbono cuando supere las 25 partes por millón asegurando la calidad del aire dentro del recinto, luego de las pruebas realizadas en el estacionamiento.
- ✚ Se consideró para el sistema de extracción de monóxidos un ventilador de la marca LOREN COOK con certificación UL, para el control de humos, teniendo en consideración el desgaste electromecánico del equipo y de sus componentes.

REMON Zavaleta, Mauro. Sistema de extracción de monóxido de carbono para estacionamientos en los sótanos del edificio corporativo Panorama. Monografía de grado (Ingeniero Mecánico de Fluidos). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, 2016. 76 pp.

Disponible en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5305>

El cual persiguió el siguiente objetivo general: Implementar un sistema de ventilación mecánica para la extracción de monóxido de carbono de estacionamientos en Sótanos del Edificio Corporativo Panorama Plaza Negocios, con la finalidad de mantener la concentración de este gas en el límite permisible y así evitar el daño en la salud de las personas que transiten este ambiente.

La metodología utilizada en esta investigación es el análisis documental ya que se recolectó la información del área que abarcan los estacionamientos en los sótanos y en base a normas nacionales e internacionales se realizó el cálculo del caudal

del aire de renovación requerido para mantener la concentración de monóxido de carbono por debajo del límite permisible, los resultados fueron los siguientes:

Tabla N° 2.3.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE ZVALETA

Nivel de Sótano	Sótano 1 al Sótano 7
Caudal de Extracción	53,040 cfm
Caudal de Inyección	53,040 cfm
Perdida de presión total para extracción	2.0 in.ca
Perdida de presión total para inyección	2.0 in.ca
Características eléctricas del proyecto	380v/3/60

Fuente:Elaboracion Propia

Las conclusiones obtenidas de la investigación son las siguientes:

- ✚ Se realizó el cálculo del caudal de renovación por tres métodos diferentes, sin embargo se observó que utilizando el criterio de ingeniería del reglamento nacional de edificaciones, que utiliza 5 renovaciones de aire por hora, se genera un caudal de mayor valor el cual se utiliza como caudal de diseño en esta investigación.
- ✚ Los cálculos del caudal mediante el criterio del reglamento nacional de edificación nos garantiza una concentración mínima admisible de 35 ppm, evitando el daño en la salud de las personas que transiten en estos ambientes.
- ✚ Se diseñó un sistema de conductos de aire considerando el método de igual fricción, sin embargo el balanceo de las cantidades de aire se complicó

debido a que el método no hace previsión para igualar las caídas de presión en las ramas o para prever la presión estática antes de cada captación u terminal de aire, no obstante este método presenta la ventaja de que se obtuvo una reducción automática de las velocidades en los ductos, en la dirección del flujo de aire minimizando el factor de ruido.

2.1.2. Antecedentes Internacionales de estudio

CANDO Veintimilla, Victor. Diseño de un sistema de ventilación con control automático en bodega de almacenamiento de productos balanceados. Tesis (Ingeniero Mecánico). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2015. 83 pp.

Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9251>

De la cual se tuvo el siguiente objetivo general: mantener la temperatura de la bodega entre 26°C y 29°C, para conservar el producto terminado hasta que deje el almacén y sea distribuido.

La metodología de estudio fue el análisis documental ya que se realizó en base a tablas de acondicionamiento de área y cálculos de ventilación, además se utilizaron programas de diseño y simulación como autocad e inventor, permitiendo elaborar los planos del sistema.

Los resultados obtenidos en la investigación fueron los siguientes:

Tabla N° 2.4.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CANDO

Ambiente	Bodega
Caudal de Extracción	15689.71 cfm
Caudal de Inyección	7346.91 cfm
Perdida de presión total para extracción	0.75 in.ca
Características eléctricas del proyecto	220/3/60

Fuente: Elaboración Propia

Luego de la presente investigación se tuvieron las siguientes conclusiones:

- ✚ El caudal calculado permite una temperatura interior de la bodega de entre 26°C y 29°C, con una humedad relativa de 60-50%.
- ✚ Se realizó el control automático del sistema con ayuda del software Zelio, con el fin de accionar los ventiladores al sobrepasar los 30°C, convirtiéndolo en un sistema inteligente con mínima intervención.
- ✚ Se evidencian las zonas térmicas en los sistemas de flujos, especialmente en la extracción del aire caliente con la simulación del sistema de ventilación mediante el software CFD de Autodesk Simulation.

ARENAS Moreno, Laura. Diseño del sistema de ventilación y protección contra incendios de un aparcamiento subterráneo. Proyecto fin de carrera (Ingeniero Mecánico) España: Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería, 2013. 172 pp.
Disponible en <http://hdl.handle.net/10016/17026>

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo general el diseño, dimensionamiento y cálculo de la instalación de ventilación y protección contra incendios de un aparcamiento subterráneo.

La metodología utilizada en la presente investigación es el análisis documental puesto que se basa en la normativa vigente de la Unión Europea.

Los resultados de la investigación realizada son los siguientes:

Tabla N° 2.5.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE ARENAS

Nivel de Sotáno	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Caudal de Extracción	12,350 cfm	12,350 cfm	12,350 cfm	12,350 cfm
Caudal de Inyección	12,350 cfm	12,350 cfm	12,350 cfm	12,350 cfm
Perdida de presión total para extracción	1.8 in.ca	1.5 in.ca	1.2 in.ca	2.4 in.ca
Perdida de presión total para inyección	1.2 in.ca	1.2 in.ca	1.2 in.ca	-
Características eléctricas del proyecto	380v/3/60	380v/3/60	380v/3/60	-

Fuente:Elaboracion Propia

Las conclusiones son las siguientes:

- ✚ El sistema diseñado garantiza la ventilación del aparcamiento en todo momento.
- ✚ La distribución de redes de extracción y el sistema de sobrepresión instalado en las escaleras ayudara a evacuar adecuadamente el humo lo mas rápido posible en caso de incendios
- ✚ Se ha conseguido una mejora del nivel de seguridad ante el fuego, que afectará a los ocupantes del recinto y a la integridad del edificio y de las instalaciones diseñadas, determinando las vías de evacuación y los dispositivos de detección y protección contra incendios más adecuados.

MARIN Tovar, Carlos.Diseño de un sistema de ventilación mediante CFD.Tesis (Ingeniero Mecánico).Quito:Universidad San Francisco de Quito,Colegio de Ciencias e Ingenierias,2013. 102 pp.

Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2486>

La presente investigación tuvo por objetivo el diseñar un sistema de ventilación mecánica para la extracción de gases, de los parqueaderos subterráneos del Edificio elit centro, mediante la utilización de ventiladores tipo Jet fans⁶, comprobando el funcionamiento de la red con un análisis de la dinámica de fluidos computacional (CFD), con el fin de optimizar recursos y espacio.

La metodología utilizada es el análisis documental puesto que utiliza normas y manuales para calcular los caudales de renovación adecuados

Tabla N° 2.6.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE MARIN

Nivel de Sótano	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Caudal de Extracción	15,650 cfm	15,650 cfm	15,650 cfm	15,650 cfm
Caudal de Inyección	15,650 cfm	15,650 cfm	15,650 cfm	15,650 cfm
Número de Jet Fans	5 unidades	5 unidades	5 unidades	5 unidades
Características eléctricas del proyecto	380v/3/60	380v/3/60	380v/3/60	-

Fuente:Elaboracion Propia

Las conclusiones de este trabajo de investigación son los siguientes:

- ✚ El sistema de ventilación mecánica se diseño con un valor de 6 renovaciones por hora, teniendo en cuenta el reglamento de la unión europea, el cual indica este valor para concentraciones de baja polución.
- ✚ El costo de implementación de este tipo de sistemas de ventilación representa solo un 1% del costo total del proyecto.
- ✚ El diseño planteado presenta una ventaja en comparación con el sistema de ductos, ya que la estratégica ubicación de Jet fans, descolgados de la losa, deja libre el espacio entre el nivel del piso terminado y la parte inferior de las vigas.

⁶ Ventiladores de impulso que direccionan el aire, estos no presentan caída de presion

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Sistema de ventilación mecánica

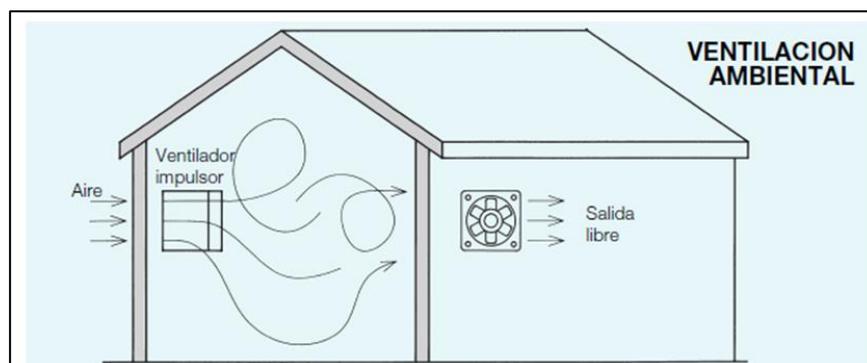
Es un sistema peculiar que se utiliza para controlar el ambiente de toda una vivienda, local comercial e incluso un edificio de pisos, permitiendo introducir recursos para el ahorro de energía. (Escoda, 2009, p.30).

a) Sistema de ventilación por sobrepresión

Se obtiene insuflando aire a un local, poniéndole en sobrepresión interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye entonces hacia el exterior por las aberturas dispuestas para ello. (Escoda, 2009, p.29).

Figura N° 2.1.

ESQUEMA DE VENTILACIÓN POR SOBREPRESIÓN



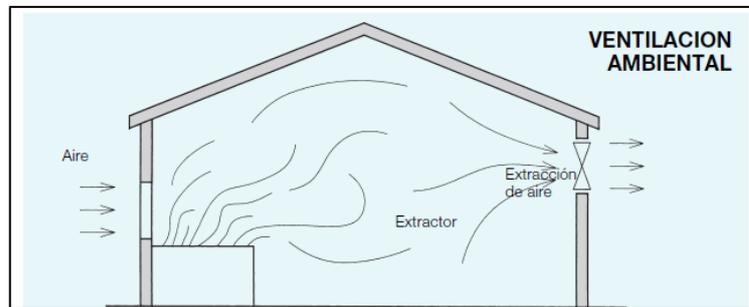
Fuente: Manual de S&P

b) Sistema de ventilación por depresión

Se logra extrayendo aire del local, lo que provoca que este quede en depresión atmosférica. El aire penetra desde afuera por la ventura adecuada, efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior. (Escoda, 2009, p.29).

Figura N° 2.2.

ESQUEMA DE VENTILACIÓN POR DEPRESIÓN



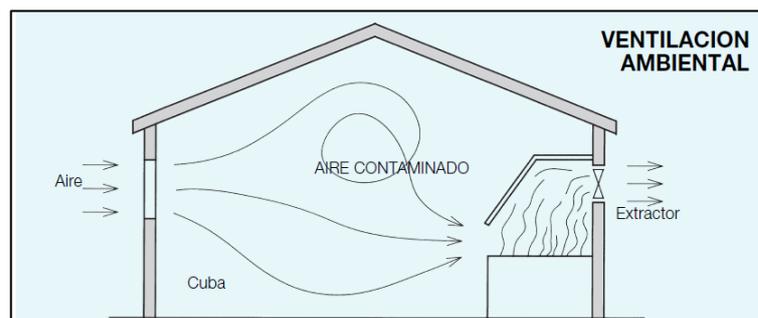
Fuente:Manual de S&P

c) Ventilación ambiental o general

El aire que entra en el local se difunde por todo el espacio interior antes de alcanzar la salida. Este tipo de ventilación tiene el inconveniente de que, de existir un foco de contaminación concreto como es el caso de las cubas industriales de gases y vapores molestos o tóxicos, el aire de una ventilación general esparce el contaminante por todo el local antes de ser captado por la salida. (Escoda, 2009, p.29).

Figura N° 2.3.

ESQUEMA DE VENTILACIÓN AMBIENTAL



Fuente:Elaboracion Propia

2.2.2. Métodos de ventilación mecánica

a) Método de la renovación de aire

Sustitución del aire contenido en una sala por otro equivalente de aire limpio en un periodo de tiempo determinado. (Escoda, 2009, p.31).

i. Cálculo del volumen

El volumen de un local se determinando multiplicando el largo por el ancho y por el alto en caso de que sea un paralelepípedo o descomponiendo en figuras simples el volumen total. (Escoda,2009,p.31).

$$\text{Volumen} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Altura} \quad (2.1)$$

Donde:

Volumen: metros cúbicos (m³).

Largo: metros (m).

Altura: metros (m).

ii. Número de renovaciones

Si se hace difícil prever el número de ocupantes y se cree mejor referirse a la función del local, puede recurrirse al cálculo basado en el número de renovaciones / hora N, esto es las veces que debe renovarse por hora todo el volumen de aire del local. Este número se encuentra en tablas. (Escoda,2009,p.31).

Tabla N° 2.7.

TABLA DE RENOVACIONES DE AIRE

Renovaciones del aire en locales habitados	Renovaciones/hora N
Catedrales	0.5
Iglesias modernas (techos bajos)	2 a 3
Escuelas, aulas	3 a 4
Oficinas de bancos	4 a 6
Cantinas (de fabricas o militares)	5 a 6
Hospitales	5 a 6
Oficinas Generales	5 a 8
Bar de Hotel	6 a 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 a 10
Salas de juntas	5 a 8
Aparcamientos	6 a 8
Salas de baile clasico	6 a 8

Fuente:Manual de ventilación de S&P

iii. Caudal de renovación de Aire

Sustitución del aire contenido en una sala por otro equivalente de aire limpio en un periodo de tiempo determinado.(Reglamento Nacional de Edificaciones,Norma Técnica E.M 030 Instalaciones de Ventilación,Lima,2016,p. 522754)

Se escoge el número N de renovaciones por hora, según sea la actividad desarrollada en el local y se multiplica por el volumen.(Escoda,2009,p.31)

$$\text{Caudal de Renovación} = \text{Volumen} \times \text{Cambios por hora} \quad \mathbf{(2.2)}$$

(Cookbook, 2016,p.40).

a) Método de la remoción de calor

Cuando la temperatura del espacio interior es mayor que la temperatura exterior, la ventilación general debe de ser del tipo de enfriamiento libre. Considerando las temperaturas de bulbo seco interior y la temperatura de bulbo seco exterior.

$$\text{Caudal de Renovación} = \frac{\text{Generacion de Calor}}{1.1 \times (T_{\text{exterior}}^0 - T_{\text{interior}}^0)} \quad (2.3)$$

(Cookbook, 2016, p. 40).

2.2.3. Ductos de extracción

La misión de un sistema de conductos es transmitir el aire desde el aparato acondicionado hasta el espacio que va a ser acondicionado

Para cumplir esta misión de forma práctica el sistema debe proyectarse dentro de ciertas limitaciones establecidas de antemano relativas al espacio disponible, pérdidas por rozamiento, velocidad, nivel de ruido, pérdidas o ganancias por calor y fugas. (Carrier, 1980, p. 2-21)

a) Consideraciones para el diseño de ductos de extracción

i. Velocidad

Existen dos tipos de sistemas de transmisión de aire empleados en el acondicionamiento del aire. Los de pequeña velocidad, o sistemas convencionales, y los de gran velocidad. (Carrier, 1980, p. 2-21).

Tabla N° 2.8.

VELOCIDADES RECOMENDADAS EN DUCTOS

Ambiente	Velocidad Baja	Velocidad Promedio	Velocidad Alta
Locales Comerciales	hasta 12 m/s	6 y 12 m/s	más de 12 m/s
Locales Industriales	hasta 12 m/s	11 y 12 m/s	12 15 m/s

Fuente: Manual de Carrier

ii. Presión

Los sistemas de distribución de aire se dividen en tres categorías en cuanto a presión del aire en el conducto: Baja, media y alta presión.

(Carrier,1980, p. 2-21).

Tabla N° 2.9.

PRESIÓN RECOMENDADA EN DUCTOS

Nivel de Presión	Caída de presión
Baja presión	90 mm.ca
Media presión	90 mm.c.a a 180 mm.c.a
Alta presión	180 mm.c.a a 300 mm.c.a

Fuente: Manual de Carrier

iii. Espacio disponible y aspecto decorativo

Tanto el espacio disponible para los conductos de impulsión y de retorno, como el aspecto decorativo, pueden presentar con frecuencia limitaciones que obligan adoptar un determinado sistema en los conductos. En los hoteles y locales de oficinas, donde el espacio es tan importante, la solución más práctica será la de un sistema de alta velocidad para unidades de inducción, empleando pequeños conductos circulares.

(Carrier,1980, p. 2-21).

En algunos casos el conducto tiene que ser visible (expuesto) y estar adosado al techo, como ocurre en locales de venta u oficinas cosntruidas de antemanos. Este tipo de conductos rectangulares de líneas aerodinámicas. Este tipo de conductos se construye de forma que presente exteriormente un aspecto uniforme , mientras las uniones de los conductos se realizan al interior del mismo el conducto.El conducto se construye con un mínimo de reducciones en su sección para mantener un aspecto exterior agradable, en forma de haz.

La colocación y el aspecto exterior de los conductos en los locales industriales suele tener importancia secundaria. En tales casos el sistema mas económico será probablemente el de conductos rectangulara a pequeña velocidad.(Carrier,1980, p. 2- 21)

iv. Ganancias o pérdidas de calor

Tanto las ganancias como las pérdidas de calor en los conductos de impulsión y de retorno pueden ser considerables.Esto ocurre , no solamente cuando el conducto atraviesa un local no acondicionado, sino incluso cuando los conductos son de gran longitud y atraviesan espacios acondicionados. (Carrier,1980, p. 2-21).

b) Métodos de cálculo

i. Metodo de reducción de velocidad

Consiste en seleccionar una velocidad de salida en la descarga del ventilador y establecer arbitrariamente una serie de reducciones a lo largo del conducto. La velocidad inicial no debe exceder de los valores indicados. La presión estática del ventilador se determina por cálculo, utilizando la mayor longitud del conducto, comprendidos todos los codos y acoplamientos.

Normalmente no se utilizan este método porque para resolver este problema con una precisión razonable se necesita de mucha experiencia y conocer perfectamente el caudal de conductos. Solamente debe usarse en sistemas muy elementales, y en esos casos deben de instalarse compuertas divisoras para compensar el sistema. (Carrier, 1980, p. 2-21).

ii. Método de pérdida de carga constante

Este método se utiliza en los conductos de impulsión, retorno y extracción de aire, y consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de presión en todos los tramos del recorrido del sistema de ductería. (Carrier, 1980, p. 2-21).

iii. Método de recuperación estática

El fundamento de este método consiste en dimensionar los ductos de forma que el aumento de presión estática (ganancia debido a la reducción de velocidad) en cada rama o boca de impulsión, compense la pérdidas por rozamiento en la siguiente sección del conducto. De esta forma la presión estática será la misma en cada boca y al comienzo de cada rama. (Carrier, 1980, p. 2-21).

c) Cálculo de conductos

La fórmula para calcular la pérdida de presión en ductos metálicos es la siguiente:

$$\Delta P = 0.4 \times f \times \left(\frac{L}{d^{1.22}} \right) \times V^{1.82} \quad (2.4)$$

Donde:

ΔP = Perdida de carga en mm.ca

f = rugosidad de la superficie interior (0.9 para conductos galvanizados)

L = Longitud de conducto en metros

V = Velocidad del aire en $\frac{\text{metros}}{\text{s}}$

(Carrier,1980, p. 2-36)

2.2.4. Ventiladores de impulso o jet fans

El sistema propuesto se basa en la colocación de unidades pequeñas de ventilación, en la parte superior del recinto, de manera que se tenga el control de la ventilación y distribución de la misma, dentro de la estructura. Los equipos toman el aire y lo impulsan sucesivamente, haciendo una cobertura total y uniforme de la altura del lugar, haciendo más eficiente la ventilación, ya que el mismo volumen de aire es arrastrado captando contaminantes en cada paso. El resultado final, es similar al que se obtiene por un sistema mecánico por ducteria, impulsando el aire de un lugar a otro, hasta extraerlo.

MEMORIA Técnica TCP ventilador tubular Jet Fan.[Boletín técnico].Puebla.Soler & Palau Mexico.2010.

a) Métodos de calculo

Los caudales a desplazar, pueden ser calculados con base en diferentes parámetros: renovaciones de aire, cantidad de aire requerida para la dilución de contaminantes o volumen por cantidad de ocupantes en estacionamientos. El criterio a aplicar depende de las regulaciones y normativas establecidas; además de los contaminantes existentes.

Es por ello que a continuación se establecen tres métodos ejemplificados de cálculo distintos, para el mismo estacionamiento; el uso y aplicación de

alguno(s) de ellos, dependerá del objeto que se persiga, de acuerdo a las necesidades de ventilación contempladas en el diseño, así como el nivel sonoro máximo permisible.

MEMORIA Técnica TCP ventilador tubular Jet Fan.[Boletín técnico].Puebla.Soler & Palau Mexico.2010.

i. Líneas de Impulsion

Este método contempla una red de colocación de jet fans que se expande en el recinto; calculando primeramente la ubicación de los equipos y posteriormente las necesidades de caudal. El número de equipos puede ser mayor, por lo que el caudal de cada uno de ellos se ve reducido.MEMORIA Técnica TCP ventilador tubular Jet Fan.[Boletín técnico].Puebla.Soler & Palau Mexico.2010.

ii. Dilución de monóxido de carbono

Para casos en los que las regulaciones de contaminantes, sean el punto principal a observar, éste método garantiza la ventilación mínima para eliminarlos, contemplando los parámetros máximos permitidos de concentración de CO. Para ello, se tomarán en cuenta el tipo de vehículo así como sus contaminantes emitidos. Este cálculo, permite hacer más útil el uso de sensores para programar ventilaciones zonificadas.

MEMORIA Técnica TCP ventilador tubular Jet Fan. [Boletín técnico].Puebla.Soler & Palau Mexico.2010.

iii. Áreas de Ventilación

Este método garantiza una ventilación eficiente, para casos en los que se necesite controlar la temperatura, humedad y disminución de aire viciado. A partir de los ventiladores a usar, de acuerdo a las restricciones de espacio y/o velocidades de aire, se calcula la ventilación más eficiente.

MEMORIA Técnica TCP ventilador tubular Jet Fan.[Boletín técnico].Puebla.Soler & Palau Mexico.2010.

2.2.5. Equipos y Accesorios

a) Ventiladores

Los ventiladores se utilizan para producir una corriente o flujo de aire.El uso del termino esta limitado, por definición, a los dispositivos que producen presiones diferenciales menor a 0.25Kg/cm^2 .(Carrier,1980, p.13-3)

Existen de los siguientes tipos:

i. Ventiladores centrifugos

Este tipo de ventilador se clasifica en alabes curvados hacia adelante, alabes curvados hacia atrás y de alabes radiales.(Carrier,1980, p.13-3).

b) Accesorios

Existen una serie de accesorios tales como dampers cortafuegos, puertas de acceso y a ortiguadpres de sonido, que no afectan al calculo del sistema, pero que pueden ser necesarios.Unicamente será preciso tenerlos en cuenta en el calculo en caso de que varios elementos se encuentren en serie, al objeto de que la resistencia que oponen sea medida con el ventilador.(Carrier,1980, p.13-3).

i. Uniones

Se emplean para unir dos conductos de diferente forma o sección recta. Cuando se modifica la forma del conducto rectangular, permaneciendo igual su sección recta, se recomienda una pendiente del 15% para las piezas laterales de la transformación. (Escoda, 2009, p. 55).

ii. Codos

Las canalizaciones de aire no siempre se componen de tramos rectilíneos sino que a menudo se presentan accidentes en su trayectoria que obligan al uso de codos, desviaciones, entradas, salidas y obstáculos. Todos los cuales ofrecen resistencia total de un sistema de conductos será necesario calcular las pérdidas de cada uno de tales accidentes y sumarlas a las de los tramos rectos. (Escoda, 2009, p. 55).

iii. Filtros

Son dispositivos diseñados para disminuir la concentración de las partículas que se encuentran en suspensión en el aire. El tipo de filtro a emplear dependerá del tamaño de las partículas.

Según el ASHRAE 52.2 se menciona el nivel de filtración que deben llegar a tener los filtros. (Escoda, 2009, p. 55)

Tabla N° 2.10.

EFICIENCIA DE LOS FILTROS DE AIRE

Group Number	MERV Rating	E ₁	E ₂	E ₃	Average Arrestance (ASHRAE 52.1)	Minimum Final Resistance (In. W.G.)
		Average Particle Size Efficiency (PSE) 0.3 - 1.0 Microns	Average Particle Size Efficiency (PSE) 1.0 - 3.0 Microns	Average Particle Size Efficiency (PSE) 3.0 - 10.0 Microns		
1	MERV 1	-	-	Less than 20%	Less than 65%	0.3"
	MERV 2	-	-	Less than 20%	65 - 69.9%	0.3"
	MERV 3	-	-	Less than 20%	70 - 74.9%	0.3"
	MERV 4	-	-	Less than 20%	75% or greater	0.3"
2	MERV 5	-	-	20 - 34.9%	-	0.6"
	MERV 6	-	-	35 - 49.9%	-	0.6"
	MERV 7	-	-	50 - 69.9%	-	0.6"
	MERV 8	-	-	70 - 84.9%	-	0.6"
3	MERV 9	-	Less than 50%	85% or greater	-	1.0"
	MERV 10	-	50% - 64.9%	85% or greater	-	1.0"
	MERV 11	-	65% - 79.9%	85% or greater	-	1.0"
	MERV 12	-	80% - 89.9%	90% or greater	-	1.0"
4	MERV 13	Less than 75%	90% or greater	90% or greater	-	1.4"
	MERV 14	75% - 84.9%	90% or greater	90% or greater	-	1.4"
	MERV 15	85% - 94.9%	90% or greater	90% or greater	-	1.4"
	MERV 16	95% or Greater	95% or greater	95% or greater	-	1.4"

Fuente: Ashrae 52.2

iv. Rejillas de impulsión

El diseño de las rejillas de impulsión debe estar regidas bajo los siguientes valores. (Carrier, 1980, p.13-3).

Tabla N° 2.11.

VELOCIDADES RECOMENDADAS DE IMPULSIÓN

APLICACIÓN	VELOCIDAD (m/s)
Estudios de radiodifusión	1.5-2.5
Residencias	2.5-4
Apartamentos	2.5-4
Iglesias	2.5-4
Dormitorios de hotel	2.5-4
Teatros	2.5-4
Oficinas particulares, tratadas acústicamente	2.5-4
Oficinas particulares, no tratadas	2.5-4
Salas de cine	5
Oficinas públicas	5-6.5
Almacenes comerciales, plantas superiores	7.5
Almacenes comerciales, planta principal	10

Fuente: Manual de Carrier

v. Rejillas de extracción

La velocidad e las rejillas de retorno dependerá de la pérdida de la presión estática admisible y el efecto sobre los ocupantes o materiales del local. (Carrier,1980, p.13-3)

Tabla N° 2.12.

VELOCIDADES RECOMENDADAS DE EXTRACCIÓN

COLOCACIÓN DE LA REJILLA	METROS POR SEGUNDO SOBRE SECCIÓN BRUTA
Locales comerciales:	
Por encima de zonas ocupadas	4 m/s y más
Dentro de zona ocupada, no cerca de asientos	3-4 m/s
Dentro de zona ocupada, cerca de asientos	2-3 m/s
Persianas de puerta o de pared	2,5-5 m/s
Aberturas o muescas en la parte inferior de las puertas	3 m/s*
Locales industriales	4 m/s y más
Locales residenciales	2 m/s

* A través de la abertura.

Fuente:Libro Carrier

2.2.6. Panel de Control

El tablero de control es una herramienta, para el diagnóstico y monitoreo permanente de determinados indicadores e información que ha sido y es la base para mantener un buen control de situaciones en muchas de las disciplinas de la vida. Como ejemplo de estos podemos señalar a la: medicina, basada en mediciones para el diagnóstico de la salud de los pacientes, a la aviación, cuyos indicadores de tablero de control sintetiza la información del avión y del entorno para evitar sorpresas y permite a los pilotos dirigir el avión a buen puerto; el tablero de un sistema eléctrico o de una represa son otros ejemplos. En todos estos casos el tablero permite a través del color de las luces y alarmas ser el disparador

para la toma de decisiones. En todos estos ejemplos es fundamental definir los indicadores a monitorear. (Chapman,1980, p. 2-21)

Figura N° 2.4.

TABLERO DE CONTROL PARA VENTILACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS



Fuente: Manual técnico de ABB

2.2.7. Simulación CFD

La dinámica de fluidos computacional o CFD (del inglés Computational Fluid Dynamics) es el área de conocimiento que trata sobre la simulación numérica de flujos fluidos, transferencia de calor y fenómenos relacionados tales como reacciones químicas, combustión, aeroacústica etc. El CFD tuvo origen a partir de la combinación de dos disciplinas: mecánica de los fluidos y cálculo numérico. Las ecuaciones que rigen el flujo fluido tienen origen en la mecánica de los fluidos y pueden ser resueltas por medio de diferentes métodos numéricos. (Libro de Solidworks, 2018, p.113).

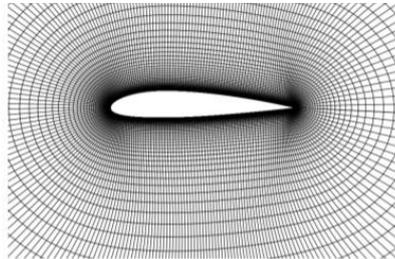
a) Mallado

a) Mallas estructuradas.

Una malla estructurada se caracteriza por poder expresarse como una matriz de dos dimensiones. Esto restringe las opciones de elementos a cuadriláteros en 2D o hexaedros en 3D. (Libro de Solidworks, 2018, p.107).

Figura N° 2.5

.MALLA ESTRUCTURADA



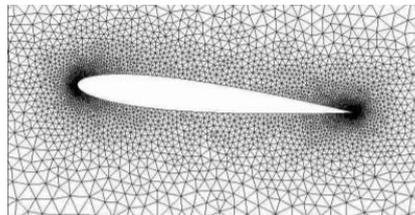
Fuente:Elaboracion Propia

b) Mallas no estructuradas

Una malla no estructurada se caracteriza por la conectividad regular que no se expresa fácilmente como una matriz de dos o tres dimensiones en la memoria del ordenador. Esto permite que cualquier elemento posible que un solver podría utilizar. (Libro de Solidworks, 2018, p.107).

Figura N° 2.6.

MALLA NO ESTRUCTURADA



Fuente:Elaboracion Propia

2.2.8. Calidad del Aire

La razón de ventilar los habitáculos humanos es el de proporcionar un ambiente higienico y confortable a los ocupantes ya que se estima que pasan encerrados en locales un 90% del tiempo. Hay que diluir el olor corporal, controlar la humedad, el calor, el humo de tabaco y la polución que desprenden los muebles,suelo y paredes de los edificios, además de los resultantes de las eventuales actividades industriales. (Escoda,2009,p.31)

a) Aire Exterior

El aire es un gas que envuelve la tierra y que resulta absolutamente imprescindible para la respiración de todos los seres vivos. Está compuesto de una mezcla mecánica de varios gases, prácticamente siempre en la misma proporción y en la que destaca el Nitrógeno que es neutro para la vida animal y el Oxígeno, que es esencial para la vida en todas sus formas.

Nótese que se cita “aire seco” y no simplemente “aire”. Esto se debe a que el “aire húmedo”, que contiene una cantidad variable de vapor de agua que reviste gran importancia para las condiciones del confort del ser humano. (Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau, 2010, p.148).

Tabla N° 2.13.

COMPONENTES DEL AIRE SECO

	Símbolo	En volumen %	En peso %	Contenido en el aire, g/m ³	Peso específico kg/m ³
Nitrógeno	N ₂	78'08	75'518	976'30	1'2504
Oxígeno	O ₂	20'94	23'128	299'00	1'428
Argón	Ar	0'934	1'287	16'65	1'7826
Anh. Carbónico	CO ₂	0'0315	0'4.10 ⁻⁶	0'62	1'964
Otros		0'145	0'0178	0'23	-

Fuente:Manual de S&P

b) Contaminación del aire

El hombre moderno pasa más del 80% de su tiempo dentro de locales cerrados y los factores enumerados tienen consecuencias inmediatas: aumentan las enfermedades alérgicas y pulmonares y crecen enormemente la rapidez de difusión de las infecciones entre los usuarios de los mismos inmuebles, sobre todo si se disponen de instalaciones de aire acondicionado o de ventilación. Si los ocupantes que se ven afectados llegan al 20% se denomina al inmueble edificio enfermo. (Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau, 2010, p.148).

c) Concentración de Gases Contaminantes

Un grupo importante de contaminadores son los materiales de construcción entre los que se destacan el formaldehído de los aglomerados de la madera unidos con resinas y algunos aislantes. Y en ciertas zonas el radón que resulta particularmente peligroso. Este es un gas de origen natural que amenaza el cáncer de pulmón y que se desprende del radio que contienen algunos materiales como el granito, la piedra pómez y las rocas de fosfatos, además de las aguas profundas de pozos. (Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau, 2010, p.148)

Tabla N° 2.14.

GASES COMPONENTES DEL AIRE

	AIRE LIMPIO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AIRE CONTAMINADO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Medida anual en una gran ciudad
Óxido de Carbono CO	máx. 1000	6.000 a 225.000
Dióxido de Carbono CO ₂	máx. 65.10 ⁴	65 a 125.10 ⁴
Anhídrido Sulfuroso SO ₂	máx. 25	50 a 5.000
Comp. de Nitrógeno	NO _x	máx. 12 15 a 600
Metano CH ₄	máx. 650	650 a 13.000
Partículas	máx. 20	70 a 700

Fuente: Manual Práctico de Ventilación de S&P

d) Concentración máxima admisible de CO

En la siguiente tabla podemos observar los efectos de la exposición del monóxido de carbono en la salud de las personas.

Tabla N° 2.15.

EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LAS PERSONAS

Nivel de CO en el aire		Síntomas de toxicidad y tiempo respirado
En partes por millón	En %	
12 800 ppm	1,28 %	Muerte en 1 a 3 minutos.
6400 ppm	0,64 %	Dolor de cabeza, mareos en 1 a 2 minutos. Muerte en 10 a 15 minutos.
3200 ppm	0,32 %	Dolor de cabeza, mareos, náuseas en 10 minutos. Muerte en 30 min.
1600 ppm	0,16 %	Dolor de cabeza, mareos, náuseas en 20 minutos. Muerte en 2 horas.
800 ppm	0,08 %	Dolor de cabeza, mareos, náuseas en 45 minutos, convulsiones. Coma en 2 horas.
400 ppm	0,04 %	Dolor de cabeza frontal en 1 a 2 horas, generalizado en 2 ½ a 3 ½ horas.
200 ppm	0,02 %	Dolor de cabeza ligero, cansancio, mareos, náuseas después de 2 a 3 horas.

Fuente: Manual de Honeywell

2.2.9. Consumo eléctrico en sistemas de ventilación mecánica

Los sistemas de ventilación influyen de forma directa en el confort de la vivienda y su salubridad, pero también en el costo energético de explotación del edificio. El costo energético debido a la climatización puede ser sólo eléctrico (es el caso de los sistemas de calefacción eléctrica, las bombas de calor, los equipos de refrigeración) o combinar consumo eléctrico y consumo de combustibles.

El aire introducido desde el exterior de la vivienda ha de ser calentado o enfriado hasta alcanzar las condiciones de confort, con el consiguiente consumo de energía. Por lo tanto, si se introduce sólo el aire realmente requerido, se disminuye notablemente el consumo de energía. Si incorporamos sistemas de recuperación de calor o de energía, que calientan el aire de entrada (o lo enfrían, dependiendo la época del año) y usamos la energía del aire extraído, obtendremos un importante ahorro adicional en nuestra factura energética, además de garantizar un gran nivel de confort.

Además del caudal de aire adecuado, no deja de ser importante un correcto diseño de la instalación. Las pérdidas de carga elevadas ocasionan la selección de ventiladores de mayor potencia para poder ofrecer las prestaciones requeridas en cada instante. Es por ello que si se realiza una instalación incorrecta, con altas velocidades de paso de aire y numerosos incidentes, como podrían ser codos o reducciones importantes del conducto, la potencia consumida de los ventiladores aumentará de forma exponencial.(Manual Practico de Ventilacion Soler & Palau, 2010, p.128).

a) Tarifa eléctrica en sistemas de ventilación

La facturación eléctrica es uno de los temas que más controversia y preocupación genera entre los usuarios comerciales, domésticos e industriales. Esto es debido a su costo creciente y a la complejidad a la hora de elegir el sistema de contratación e interpretar la factura.

En la facturación eléctrica podemos distinguir, fundamentalmente, dos conceptos básicos:

- ✚ Términos regulados: son los peajes de potencia y de energía (denominados tarifas de acceso a red) que sirven para recaudar la parte correspondiente al mantenimiento del sistema eléctrico.

- ✚ Término de energía: recoge el costo de la energía eléctrica.

2.2.10. Intercambio eficiente entre aire exterior y contaminado

a) Distribucion del aire

Una buena distribución del aire garantizar ventilar inclusive las zonas que se encuentran mas alejadas de lo ventiladores de inyección y de extracción,

depende depende en gran medida de las velocidades en los ductos y de la disponibilidad y eficiencia de los ventiladores mecánicos.

2.3. Conceptual

2.3.1. Ventilacion mecánica en estacionamientos

El sistema de ventilación de un aparcamiento tiene como objetivo, en primer lugar, garantizar que no se acumulara monóxido de carbono en concentraciones peligrosas en ningún punto del aparcamiento.

(Soler y Palau ,2019,p.19)

Además con la ventilación se mantendrán el resto de contaminantes emitidos por los automóviles en unos niveles mínimos.(Escoda,2009,p. 101)

2.3.2. Ventilación mecánica por renovacion en estacionamientos.

a) Reglamento nacional de edificaciones

Es obligatorio la presentación de los cálculos, que fundamenten la determinación del caudal, en base a una máxima concentración de cincuenta partes por millón, de monóxido de carbono (CO), en ningún caso la renovación de aire será menor a doce metros cúbicos por hora y metro cuadrado de superficie total del estacionamiento. (Reglamento Nacional de Edificaciones,Norma Técnica E.M 030 Instalaciones de Ventilacion,Lima,2016,p. 522758).

$$Q = \text{Area del estacionamiento} \times \frac{12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\text{m}^2} \quad (2.5)$$

En todas las edificaciones empleadas para estacionamiento o manejo de automóviles operando con su propio motor y en todas las edificaciones para

almacenamiento o uso de líquidos inflamables, se proveerá de una ventilación por extracción que produzca un cambio de aire cada 12 minutos.(Reglamento Nacional de Edificaciones,Norma Técnica E.M 030 Instalaciones de Ventilacion,Lima,2016,p. 522758).

$$Q = \text{volumen} \times \frac{1 \text{ renovacion de aire}}{12 \text{ minutos}}$$

Que también puede ser escrito de la siguiente manera:

$$Q = \text{volumen} \times 5 \frac{\text{renovaciones de aire}}{\text{hora}} \quad (2.6)$$

Tabla N° 2.16.

CONDICIONES DE DISEÑO EN LOS ESTACIONAMIENTOS

ESTACIONAMIENTO	VENTILACIÓN NATURAL	VENTILACIÓN MECANICA	CONDICIONES DE DISEÑO
Semisótanos	X		los semisótanos deberán tener sólo ventilación natural
≤ 25 m ²	X		
≥ 100 m ²	X	X	de no lograrse la ventilación cruzada suficiente serán provistas de ventilación mecánica.
de 100 m ² hasta 1000 m ² y más de 1000 m ² de superficie de piso	X	X	de no lograrse ventilación transversal suficiente, serán provistos de ventilación mecánica.

Fuente:Reglamento Nacional de Edificaciones

La ventilación de estacionamiento en sótanos deberá ser permanente y se efectuara por un sistema mecánico de impulsión y de extracción que suministre un mínimo de doce metros cúbicos de aire exterior, por hora y por

metro cuadrado de área de piso, incluyendo el área de circulación, pero manteniendo el mínimo de renovación de aire cada doce minutos. Apartir del tercer sótano o más, deberá de ser cumplimiento obligatorio.

(Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.M 030 Instalaciones de Ventilación, Lima, 2016, p. 522758)

A. Norma Británica

Indica que se debe de utilizar 6 cambios por hora para estacionamientos que presenten una baja polución de monóxido de carbono. Norma Británica. BS 7346-4, Londres, 2006. p.20).

$$Q = \text{volumen} \times 6 \frac{\text{renovaciones}}{\text{hora}} \quad (2.7)$$

B. NFPA Standard 88 A

Recomienda 1 cfm/pies². (Norma NFPA. Standard 88 A, EE.UU, 2006. p.18)

$$Q = \text{Area Efectiva (pies}^2) \times 1 \frac{\text{pies}^3}{\text{hora}} \quad (2.8)$$

C. ANSI/ASHRAE Standard 62.1

Recomienda 1.5 cfm/pies².

(Norma ANSI/ASHRAE, Standard 62.1, EE.UU, 2013. p.20)

$$Q = \text{Area Efectiva (pies}^2) \times 1.5 \frac{\text{pies}^3}{\text{hora}} \quad (2.9)$$

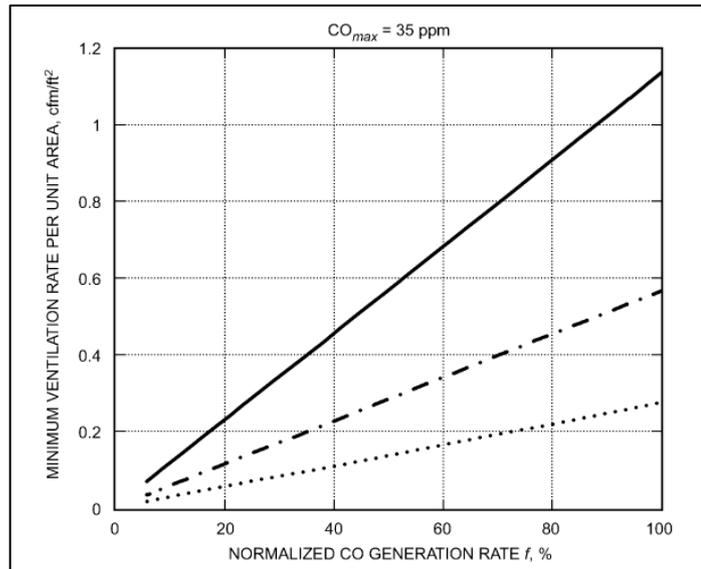
D. Método ASHRAE Applications

a) Criterios de nivel de contaminación

Según el ASHRAE Handbook-HVAC Applications (2013) ,la solución razonable es la de mantener la concentración de monoxio en 35 ppm por 1 hora de exposición con un máximo de 120 ppm, o 25 ppm por 8 horas de exposición, porque el tiempo entre que se ingresa al estacionamiento y se sale de el dependerá de varios factores. (p.13-2).

Gráfico N° 2.1.

FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO



Fuente:Manual del Ashrae Applications

b) Número de carros en operación

Según el ASHRAE Handbook-HVAC Applications (2013) El numero de carros en operación en cualquier momento dependen del tipo de servicio de aparcamiento de los vehículos, la opratibilidad del estacionamiento puede alcanzar del 15 al 20% como en estadios y aeropuertos.(p.13-2)

c) Tiempo de operación de los vehículos

El tiempo promedio que el motor de los vehículos que ingresan en el estacionamiento es de 60 a 600s, pero para realizar un calculo mas apropiado se debe de tener en consideración la siguiente tabla:

Tabla N° 2.17.

TIEMPO DE ENTRADA Y DE SALIDA DE LOS ESTACIONAMIENTOS

Nivel	Tiempo de entrada promedio	Tiempo de salida promedio
1	35 s	45 s
2	40 s	50 s
3	70 s	100 s

Fuente: Ashrae Application capitulo XII

d) Ratio de emision de los carros

La emisión de los gases contaminantes dependen en gran medida del tipo de vehiculo y del tipo de motor

Tabla N° 2.18.

EMISIÓN DE LOS GASES VEHICULARES

Temporada	Emisiones en caliente (Estabilizadas)		Emisiones en frio	
	1991	1996	1991	1996
Verano,90°F	0.336	0.25	0.565	0.484
Invierno,32°F	0.478	0.447	2.744	2.508

Fuente: Ashrae Application capitulo XII

i. Calculo del caudal de renovacion

Determinar los siguientes datos:

Tabla N° 2.19.

DATOS PARA EL DISEÑO DEL ASHRAE

Datos a recolectar para el diseño por el metodo ASHRAE	Variable
Número de vehículos en operación durante la hora pico (N)	N (unidades)
Emision promedio de monóxido de carbono para un auto tipico	E (Lb/hr)
Duración promedio de operación y tiempo de viaje para un automóvil típico	θ (s)
Nivel aceptable de concentracion de monóxido de carbono máxima	CO max (ppm)
Area efectiva del estacionamiento.	Af (pies ²)

Fuente:Elaboracion Propia

- ii. **Evaluar el factor de máxima concentración de CO en Lb/hr.pies² (G)**

$$G = N \times \left(\frac{E}{A_f} \right) \quad (2.10)$$

Donde de la tabla 19, se toma los valores promedios de los ratios de emisión de gases de los motores en invierno, el valro de E.

$$E = \left(\frac{0.478 + 0.447 + 2.744 + 2.508}{4} \right) Lb/h$$

$$E = 1.544 \frac{Lb}{h}$$

El valor de A es el de área efectiva

Donde G₀ es el valor pico de la concentracion de CO normalizada

$$G_0 = 5.46 \times 10^{-3}$$

Calculamos el factor f

$$f = 100 \times \left(\frac{G}{G_0} \right) \quad (2.11)$$

vi. Determinamos el requerimiento mínimo de ventilación por pie²

$$Q = C \times f \times \theta \quad (2.12)$$

Donde:

C = Mínima ventilación (cfm/ pie²), para que el nivel de concentración de CO no exceda cierto valor.

Tabla N° 2.20.

VALORES DE FACTOR “C”

Valor C	Concentración de Monóxido de Carbono
2.370x10 ⁻⁴ cfm/ft ²	15 ppm
1.363x10 ⁻⁴ cfm/ft ²	25 ppm
0.948x10 ⁻⁴ cfm/ft ²	35 ppm

Fuente: Ashrae Applications Capitulo XII

θ = Tiempo de permanencia del auto en el estacionamiento, según la tabla N°2.18.

2.3.3. Calculo de la caída de presión en los ductos

Para nuestro caso en particular se va a utilizar un ducto de acero galvanizado para el diseño del sistema de extracción de monóxido, considerando lo siguiente:

Tabla N° 2.21.

RUGOSIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE DUCTOS

Nro	Material de ducto	Categoría de rugosidad	Rugosidad Absoluta ϵ,ft
1	Acero al carbono sin recubrimiento, limpio (Moody 1944) (0.00015 ft)	Smooth (liso)	0.0001
2	PVC Tubería de plástico (Swim 1982) (0.00003 to 0.00015 ft)		0.0001
3	Aluminio (Hutchinson 1953) 0.000015 to 0.0002 ft)		0.0001
4	Acero galvanizado, costuras longitudinales, juntas de 4 ft (Griggs et al. 1987) (0.00016 to 0.00032 ft)	Medium-smooth (medianamente liso)	0.0003
5	Acero galvanizado, laminado de forma continua, costuras en espiral, juntas de 10 ft (Jones 1979) (0.0002 to 0.0004 ft)		0.0003
6	Acero galvanizado, costuras en espiral con 1, 2, y 3 costillas (refuerzo), juntas de 12 ft (Griggs et al. 1987) (0.00029 to 0.00038 ft)		0.0003
7	Acero galvanizado, costuras longitudinales, juntas de 2.5 ft (Wright 1945) (0.0005 ft)	Average (promedio)	0.0005
8	Acero galvanizado, espiral, corrugado, juntas de 10 ft (Kulkarni et al. 2009) (0.0024 ft)	Medium-rough (medianamente rugoso)	0.003
9	Fibrous glass duct, rigid		0.003
10	Revestimiento interno del ducto de fibra vidrio, lado del aire con material del revestimiento (Swim 1978) (0.005 ft)		0.003
11	Ducto flexible, de tela y alambre, completamente estirado		0.003
12	Revestimiento interno del ducto de fibra de vidrio, lado del aire revestido por pulverización (Swim 1978) (0.015 ft)	Rough (rugoso)	0.01
13	Ducto flexible, metálico (0.004 to 0.007 ft cuando está completa. estirado)		0.01
14	Concreto (Moody 1944) (0.001 to 0.01 ft)		0.01
15	Ducto textil	-	0.0004

Fuente: Ashrae Fundamentals Capítulo XXI

Por lo que la grafica quedaría de la siguiente manera , con factor de rugosidad de 0.0003 ft y la densidad del aire estándar de 0.75 Lb/ft³.

GRÁFICO N° 2.2.
GRÁFICO PARA DISEÑO DE DUCTOS

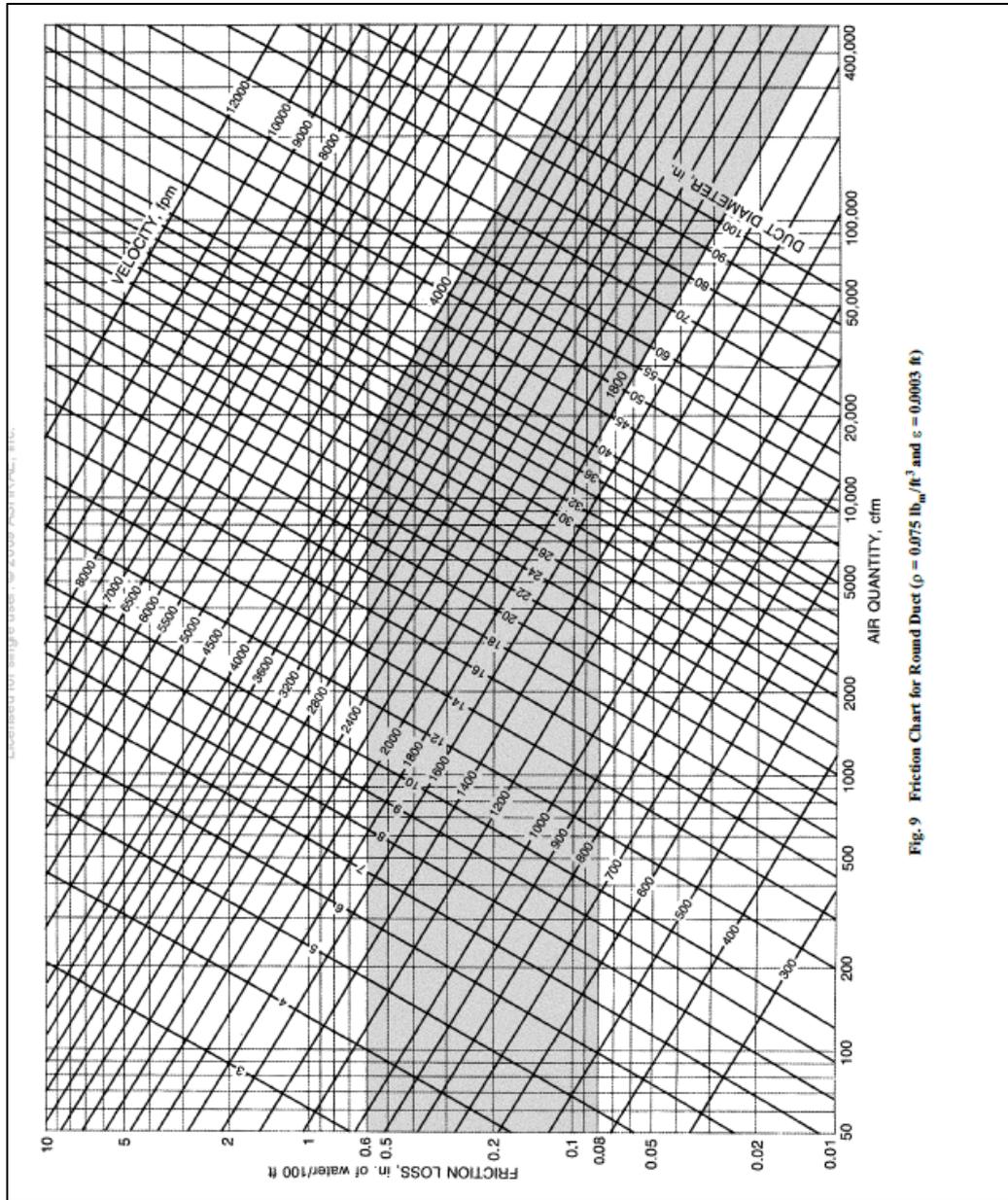


Fig. 9 Friction Chart for Round Duct ($\rho = 0.075 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$ and $\epsilon = 0.0003 \text{ ft}$)

Fuente: Ashrae Fundamentals Capitulo XXI

a) Cálculo de la caída de presión estática

Para el cálculo de las pérdidas estáticas se calculará de la siguiente manera, entrando a la tabla con el caudal de suministro y la velocidad seleccionada para determinar la caída de presión:

$$\text{Caída de presión} \left(\frac{\text{in.ca}}{100 \text{ pies}} \right) = f(Q_{\text{ducto}}, V_{\text{ducto}}) \quad (2.13)$$

i. Cálculo de la caída de presión dinámica

Primero se calcula la velocidad de presión

$$P_v = \rho \times \left(\frac{V}{1097} \right)^2 \quad (2.14)$$

Que considerando la densidad del aire con un valor de 0.075 Lbm/ft³, se obtiene lo siguiente

$$P_v = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \quad (2.15)$$

Luego las pérdidas de presión dinámicas se calcularán de la siguiente manera

$$C = \frac{\Delta P_j}{P_v} \quad (2.16)$$

Que despejando

$$P_j = C \times P_v \quad (2.17)$$

Siendo :

C =Coeficiente de pérdidas locales

P_v =: Presión de velocidad

El coeficiente C , dependerá en gran medida del tipo de unión o transición que se tenga en los ductos , en los ANEXOS 9 al 13 se pueden ver los diferentes tipos de acoples

Tabla N° 2.22.

NOMENCLATURA PARA EL DISEÑO DE DUCTOS

Fitting Function	Geometry	Category	Sequential Number
S: Supply	D: round (Diameter)	1. Entries 2. Exits	1,2,3...n
E: Exhaust/Return	R: Rectangular	3. Elbows 4. Transitions	
C: Common (supply and return)	F: Flat oval	5. Junctions 6. Obstructions 7. Fan and system interactions 8. Duct-mounted equipment 9. Dampers 10. Hoods	

Fuente:Ashrae Fundamentals Capitulo XXI

2.3.4. Calculo de los jet fans por el método de áreas de ventilacion

Se deberá trabajar con los siguientes datos como minimo para poder calcular el numero de ventiladores de impulso jet fans.

a) Cálculo de la velocidad inducida

$$V_i = L_a \times \text{renov/hora} \quad (2.18)$$

Figura N° 2.7.

RECORRIDO DE LA ENTRADA Y DE LA SALIDA DEL AIRE



Fuente:Elaboracion Propia

Donde :

L_a = Longitud media del recorrido de aire, entre la entrada y la salida del aire.

$\frac{\text{Renov}}{\text{hora}}$ = Dependera del método que hemos considerado como el más óptimo para el desarrollo de nuestra investigación.

b) Calculo del empuje o la fuerza del jet fan

$$F = \frac{4}{\pi} \times \rho \times \frac{Q_J}{\phi_J^2} \quad (2.19)$$

Donde:

Q_J = Caudal del jet fans en $\frac{\text{metros}^3}{\text{hora}}$

ϕ_J =Diámetro de la salida del aire del jet fan

ρ =Densidad del aire estándar , para Lima Metropolitana es de $1.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

c) Determinar la superficie de ventilación

$$Sp_n = \frac{F}{(0.52) \times \rho \times V_i^2} \quad (2.20)$$

Donde V_i , ha sido calculado en la ecuación 2.12.

d) Calcular el dardo de ventilación de los equipos

$$L_d = 5 \times \frac{V_Q}{V_i} \times \emptyset \quad (2.21)$$

Donde:

V_i , ha sido calculado en la ecuación 2.12.

V_Q , es la velocidad de la salida del aire en la boca del ventilador de impulso

$$V_Q = \frac{Q_{\text{ventilador}}}{S_{\text{ventilador}}}$$

Donde:

$Q_{\text{ventilador}}$, el cual es el caudal de salida del ventilador

$S_{\text{ventilador}}$, el área efectiva de la salida del ventilador

El calculo de este valor es importante ya que nos asegura el valor de la velocidad inducida en la longitud del dardo determinada en la ecuación 2.15

El número de jet fans quedara definido de la siguiente manera:

$$\# \text{ de Jet Fans} = \frac{A_{\text{Efectiva}}}{Sp_n} \quad (2.22)$$

2.3.5. Equipamiento en estacionamientos

a) Accesorios

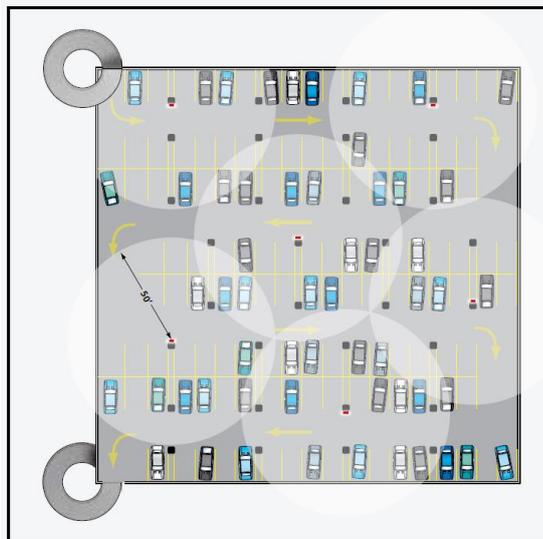
i. Sensores de monóxido

La cantidad de sensores depende de las siguientes reglas básicas:

- ✚ El radio de cobertura es de 15.2 metros (50 pies) por monitor de monóxido de carbono o de 2310 metros² (7580 pies²).
- ✚ El uso de columnas de soporte interior abiertas en la mayor medida posible para maximizar el radio de cobertura.
- ✚ Cada nivel de la estructura de estacionamiento debe estar totalmente cubierto sin solapar la cobertura de los sensores.

Figura N° 2.8.

UBICACION DE LOS SENSORES DE MONÓXIDO



Fuente:Manual de Honeywell.

2.3.6. Tableros de control en estacionamientos

a) Tableros de control para los ventiladores

En los estacionamientos que excedan de cinco plazas o de 100 m² útiles debe disponer de un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) en cada planta que se active automáticamente el o los aspiradores mecánicos cuando se alcance una concentración de 50 p.p.m. en estacionamientos donde se prevea que existan empleados y una concentración de 100 p.p.m. en caso contrario.

Se recomienda tomar en cuenta el empleo de variadores de velocidad para el control de extractores de monóxido de carbono (CO), garantizando eficiencia energética.

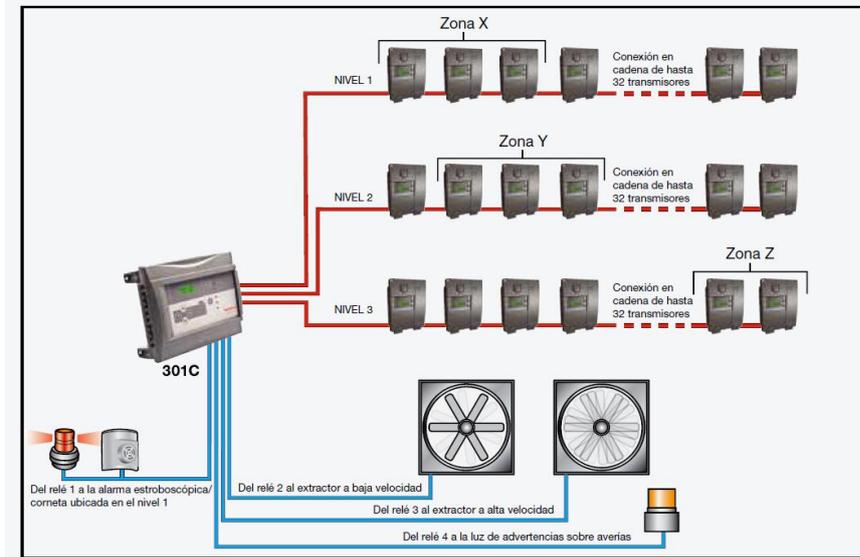
El sistema de monitoreo de CO debe actuar la ventilación mecánica mediante contactos secos a través de arrancadores magnéticos y también señales analógicas de 4-20 mA, a través de los variadores de frecuencia.

Deberán de tener las siguientes características:

- ✚ Contactos secos o salidas analógicas (4-20 mA) a través del sistema de administración de edificios (BMS).
- ✚ Salidas analógicas (4-20 mA) que modulan la velocidad de los ventiladores a través de variadores de frecuencia (VFD).
- ✚ El sistema de monitoreo de monóxido de carbono debe ser capaz de activar tanto los extractores como los dispositivos de entrada de aire, por ejemplo, compuertas/rendijas de aire exteriores y unidades de aire.

Figura N° 2.9.

ESQUEMA DE CONTROL DE ESTACIONAMIENTOS



Fuente:Manual de Honeywell

b) Selección de los componentes del tablero de control.

- i. Selección de interruptor termomagnético de caja moldeada

Figura N° 2.10.

INTERRUPTOR ELECTROMÁGNETICO DE CAJA MOLDEADA



Fuente:Manual de WEG en español

Luego de seleccionar todos los ventiladores utilizaremos su potencia de consumo para seleccionar el interruptor termomagnética de caja moldeada.

Se procederá a calcular la corriente nominal:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times v \times \cos \phi \times n} \quad (2.23)$$

Donde:

P=Potencia total de los equipos en KW

v=voltaje

cos ϕ =factor de potencia

n=Eficiencia

Se calcula también la corriente de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 \times I_n \quad (2.24)$$

Siendo:

I_n :La corriente nominal

Se utilizar la siguiente tabla para poder seleccionar la llave termomagnética adecuada.

Tabla N° 2.23.

MODELOS DE INTERRUPTORES TERMOMÁGNÉTICOS

Type / Referencia	Rated current / Rango de ajuste (A)	IEC 60947-2 - I _{cu} (KA)		
		220-240 V	380-415 V	440 V
DWB160N40-3DF	32...40	50	30	25
DWB160N50-3DF	40...50	50	30	25
DWB160N63-3DF	50...63	50	30	25
DWB160N80-3DF	64...80	50	30	25
DWB160N100-3DF	80...100	50	30	25
DWB160N125-3DF	100...125	50	30	25
DWB160N160-3DF	128...160	50	30	25

Fuente:Manual de WEG en español

ii. Selección de Interruptor electromagnético:

El interruptor termomagnético es un dispositivo que corta la corriente eléctrica de un circuito automáticamente.

Figura N° 2.11

.INTERRUPTOR ELECTROMÁGNETICO



Fuente: Manual de WEG en español

Tabla N° 2.24.

MODELOS DE INTERRUPTORES SECUNDARIOS

Type / Referencia	I_n (A)	IEC 898 230/400 V I_{cn} (kA)	IEC 947-2 230/400 V I_{cn} (kA)	Packing / Embalaje (un)
MDW-C2-3	2	1,5	3	4
MDW-C4-3	4	1,5	3	4
MDW-C6-3	6	3	5	4
MDW-C10-3	10	3	5	4
MDW-C16-3	16	3	5	4
MDW-C20-3	20	3	5	4
MDW-C25-3	25	3	5	4
MDW-C32-3	32	3	5	4
MDW-C40-3	40	3	5	4
MDW-C50-3	50	3	5	4
MDW-C63-3	63	3	5	4
MDW-C70-3	70	3	5	2
MDW-C80-3	80	3	5	2
MDW-C100-3	100	3	5	2
MDW-C125-3	125	3	5	2

Fuente: Manual de WEG en español

iii. Selección de contactor:

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

Figura N° 2.12.
CONTACTOR



Fuente:Manual de WEG en español

Tabla N° 2.25.
MODELOS DE CONTACTORES

Type / Referencia	I _b AC-3	Rated power / Pot. (HP)		Aux. contact / Contactos aux.	Article nr. / Código 50/60 Hz				
		AC-3 / 220 V	AC-3 / 380 V		D02 (24 V)	D13 (110 V)	D23 (220 V)	D33 (380 V)	D36 (440 V)
CWB9-11-30 ▲	9	3	5	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	12660800	12660801	12220434	12660802	12679514
CWB12-11-30 ▲	12	4	7,5	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	12660803	12660804	12220435	12660805	12679518
CWB18-11-30 ▲	18	6	10	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	12660806	12660807	12220436	12660848	12679523
CWB25-11-30 ▲	25	7,5	15	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	12232932	12232934	12075682	12232935	12679548
CWB32-11-30 ▲	32	10	20	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	12240777	12240798	12240799	12240800	12679554
CWB38-11-30 ▲	38	15	25	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	12232937	12233028	12075684	12233029	12679558
CWB40-11-30 ▲	40	15	25	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	13543410	13851360	13539284	13851361	13860416
CWB50-11-30 ▲	50	20	30	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	13851363	13851365	13539285	13860342	13860417
CWB65-11-30 ▲	65	25	40	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	13851366	13851367	13539298	13860343	13860439
CWB80-11-30 ▲	80	30	50	1NO + 1NC / 1NA + 1NC	13860240	13851448	12370329	13860344	13860442

Fuente:Manual de WEG en español

iv. Selección de Relé de sobre carga

Los relés de sobrecarga térmicos son dispositivos electromecánicos de protección económicos para el circuito principal. Protegen de manera fiable los motores en caso de que ocurra una sobretensión o un fallo de fase. El relé de sobrecarga térmico puede constituir una solución de arranque compacta junto a contactores.

Figura N° 2.13.

RELÉ DE SOBRECARGA



Fuente:Manual de WEG en español

Tabla N° 2.26.

MODELOS DE RELÉ DE SOBRECARGA

Type / Referencia	Rated current / Rango de ajuste (A)	Direct mounting on / Montaje directo	Article nr. / Código	Price / Precio (USD)
RW27-2D3-D004	0.28...0.4	CWB9...38, CWBS9...38	12140441	24,00
RW27-2D3-C063	0.43...0.63	CWB9...38, CWBS9...38	12140442	24,00
RW27-2D3-D008	0.56...0.8	CWB9...38, CWBS9...38	12140443	24,00
RW27-2D3-D012	0.8...1.2	CWB9...38, CWBS9...38	12140444	24,00
RW27-2D3-D018	1.2...1.8	CWB9...38, CWBS9...38	12140445	24,00
RW27-2D3-D028	1.8...2.8	CWB9...38, CWBS9...38	12140446	24,00
RW27-2D3-U004	2.8...4	CWB9...38, CWBS9...38	12140447	24,00
RW27-2D3-D063	4...6.3	CWB9...38, CWBS9...38	12140448	24,00
RW27-2D3-U008	5.6...8	CWB9...38, CWBS9...38	12140449	27,18
RW27-2D3-U010	7...10	CWB9...38, CWBS9...38	12140450	27,18
RW27-2D3-D125	8...12.5	CWB9...38, CWBS9...38	12140451	27,18
RW27-2D3-U015	10...15	CWB9...38, CWBS9...38	12140452	27,18
RW27-2D3-U017	11...17	CWB9...38, CWBS9...38	12140453	27,18
RW27-2D3-U023	15...23	CWB9...38, CWBS9...38	12140454	27,18
RW27-2D3-U032	22...32	CWB9...38, CWBS9...38	12140455	27,18
RW27-2D3-U040	32...40	CWB9...38, CWBS9...38	12140456	31,26
RW67-5D3-U040	25...40	CWB40...80	13368960	47,44
RW67-5D3-U050	32...50	CWB40...80	13368961	51,18
RW67-5D3-U057	40...57	CWB40...80	13368962	51,18
RW67-5D3-U063	50...63	CWB40...80	13368963	51,18
RW67-5D3-U070	57...70	CWB40...80	13368964	61,12
RW67-5D3-U080	63...80	CWB40...80	13368965	61,12

Fuente: Manual de WEG en español

v. Selección de Rasantes

Tabla N° 2.27.

MODELOS DE RASANTES

Pushbuttons / Botones

Description / Tipo	Type / Referencia	Article nr. / Código
Flush ON (black - 1NO) / Rasante (negro - 1NA)	CSW-BF5-10000000-3VF	12923176
Flush (blue marked "RESET" - 1NO) / Rasante (azul con grabación "RESET" - 1NA)	CSW-BF437-10000000-3VF	12922280
Flush (blue - 1NO) / Rasante (azul - 1NA)	CSW-BF4-10000000-3VF	12923199
Flush (yellow - 1NO) / Rasante (amarillo - 1NA)	CSW-BF3-10000000-3VF	12930986
Flush (green - 1NO) / Rasante (verde - 1NA)	CSW-BF2-10000000-3VF	12923177
Flush OFF (red - 1NC) / Rasante (rojo - 1NC)	CSW-BF1-01000000-3VF	12922955
Mushroom ON (green - 1NO) / Hongo (verde - 1NA)	CSW-BC2-10000000-3VF	12930987
Mushroom OFF (red - 1NC) / Hongo (rojo - 1NC)	CSW-BC1-01000000-3VF	12931019
Emergency stop turn to reset + 3NC self-monitoring / Emergencia girar p/ soltar + 3NC auto-monitoreo	CSW-BESG-00000003-3VF	13312574
Emergency stop turn to reset + 2NC self-monitoring / Emergencia girar p/ soltar + 2NC auto-monitoreo	CSW-BESG-00000002-3VF	13312575
Emergency stop turn to reset + 1NC self-monitoring / Emergencia girar p/ soltar + 1NC auto-monitoreo	CSW-BESG-00000001-3VF	13278311
Emergency stop pull to reset + 1NC self-monitoring / Emergencia jala p/ soltar + 1NC auto-monitoreo	CSW-BESP-00000001-3VF	13278309
Double IP40 (green marked "I" / red marked "0" - 1NO + 1NC) / Doble IP40 (verde con grabación "I" / rojo con grabación "0" - 1NA + 1NC)	CSW-BD-11000000-3VF	12923175
Double IP66 (green marked "I" / red marked "0" - 1NO + 1NC) / Doble IP66 (verde con grabación "I" / rojo con grabación "0" - 1NA + 1NC)	CSW2-BDF2110-11000000-3VF	12756198
Emergency stop turn to reset + 1NC / Emergencia girar p/ soltar + 1NC	CSW-BESG-01000000-3VF	12922954
Emergency stop pull to reset + 1NC / Emergencia jala p/ soltar + 1NC	CSW-BESP-01000000-3VF	12931118

Fuente: Manual de WEG en español

vi. Selección de luces piloto

Tabla N° 2.28.

MODELOS DE LUCES PILOTO

Signalling / Lámparas Piloto

Description / Tipo	Type / Referencia
Diffused white with LED 24 V ac/dc / Difusa blanco con LED 24 V ca/cc	CSW-SD0-FE26-3VF
Diffused red with LED 24 V ac/dc / Difusa rojo con LED 24 V ca/cc	CSW-SD1-FE26-3VF
Diffused green with LED 24 V ac/dc / Difusa verde con LED 24 V ca/cc	CSW-SD2-FE26-3VF
Diffused yellow with LED 24 V ac/dc / Difusa amarillo con LED 24 V ca/cc	CSW-SD3-FE26-3VF
Diffused blue with LED 24 V ac/dc / Difusa azul con LED 24 V ca/cc	CSW-SD4-FE26-3VF
Diffused orange with LED 24 V ac/dc / Difusa naranja con LED 24 V ca/cc	CSW-SD6-FE26-3VF
Diffused white with LED 48 V ac/dc / Difusa blanco con LED 48 V ca/cc	CSW-SD0-FE27-3VF
Diffused red with LED 48 V ac/dc / Difusa rojo con LED 48 V ca/cc	CSW-SD1-FE27-3VF
Diffused green with LED 48 V ac/dc / Difusa verde con LED 48 V ca/cc	CSW-SD2-FE27-3VF
Diffused yellow with LED 48 V ac/dc / Difusa amarillo con LED 48 V ca/cc	CSW-SD3-FE27-3VF
Diffused blue with LED 48 V ac/dc / Difusa azul con LED 48 V ca/cc	CSW-SD4-FE27-3VF
Diffused orange with LED 48 V ac/dc / Difusa naranja con LED 48 V ca/cc	CSW-SD6-FE27-3VF
Diffused white with LED 110-130 V ac/dc / Difusa blanco con LED 110-130 V ca/cc	CSW-SD0-FE10-3VF
Diffused red with LED 110-130 V ac/dc / Difusa rojo con LED 110-130 V ca/cc	CSW-SD1-FE10-3VF
Diffused green with LED 110-130 V ac/dc / Difusa verde con LED 110-130 V ca/cc	CSW-SD2-FE10-3VF
Diffused yellow with LED 110-130 V ac/dc / Difusa amarillo con LED 110-130 V ca/cc	CSW-SD3-FE10-3VF
Diffused blue with LED 110-130 V ac/dc / Difusa azul con LED 110-130 V ca/cc	CSW-SD4-FE10-3VF
Diffused orange with LED 110-130 V ac/dc / Difusa naranja con LED 110-130 V ca/cc	CSW-SD6-FE10-3VF
Diffused white with LED 220-240 V ac / Difusa blanco con LED 220-240 V ca	CSW-SD0-FD66-3VF
Diffused red with LED 220-240 V ac / Difusa rojo con LED 220-240 V ca	CSW-SD1-FD66-3VF
Diffused green with LED 220-240 V ac / Difusa verde con LED 220-240 V ca	CSW-SD2-FD66-3VF
Diffused yellow with LED 220-240 V ac / Difusa amarillo con LED 220-240 V ca	CSW-SD3-FD66-3VF
Diffused blue with LED 220-240 V ac / Difusa azul con LED 220-240 V ca	CSW-SD4-FD66-3VF
Diffused orange with LED 220-240 V ac / Difusa naranja con LED 220-240 V ca	CSW-SD6-FD66-3VF

Fuente: Manual de WEG en español

vii. Selección de switches de tres posiciones

Un interruptor eléctrico es en su acepción más básica un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas, controlado por computadora. Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen mediante un actuante para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unido.

Tabla N° 2.29.

MODELOS DE SWITCHES

Selector Switches / Selectores

Description / Tipo	Type / Referencia	Article nr. / Código
Knob switch 2 fixed positions 45° - (1NO) / Perilla corta 2 pos fijas 45° (1NA)	CSW-CK2F45-10000000-3VF	12923170
Knob switch 2 fixed positions 90° - (1NO + 1NC) / Perilla corta 2 pos fijas 90° (1NA + 1NC)	CSW-CK2F90-11000000-3VF	12923198
Knob switch 2 fixed positions 90° - (1NO) / Perilla corta 2 pos fijas 90° (1NA)	CSW-CK2F90-10000000-3VF	12923253
Knob switch 2 fixed positions 90° (2NO) / Perilla corta 2 pos fijas 90° (2NA)	CSW-CK2F90-20000000-3VF	12931095
Knob switch 2 fixed positions 45° - (1NO + 1NC) / Perilla corta 2 pos fijas 45° (1NA + 1NC)	CSW-CK2F45-11000000-3VF	12931096
Knob 3 positions 45° with return - (2NO) / Perilla corta 3 pos con retorno 45° (2NA)	CSW-CK3R45-20000000-3VF	12923020
Knob 3 fixed positions 45° - (2NO) / Perilla corta 3 pos fijas 45° - (2NA)	CSW-CK3F45-20000000-3VF	12923168
Lever switch 2 fixed positions 45° - (1NO) / Perilla longa 2 pos fijas 45° (1NA)	CSW-CA2F45-10000000-3VF	12931119
Lever switch 3 fixed positions 45° - (2NO) / Perilla longa 3 pos fijas 45° (2NA)	CSW-CA3F45-20000000-3VF	12931120

Fuente:Manual de WEG en español

viii. Selección del variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad de giro en motores de corriente alterna (AC) mediante el control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Figura N° 2.14.

PASOS PARA LA SELECCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD



Fuente:Manual de ABB

2.3.7. Simulación CFD para ventiladores

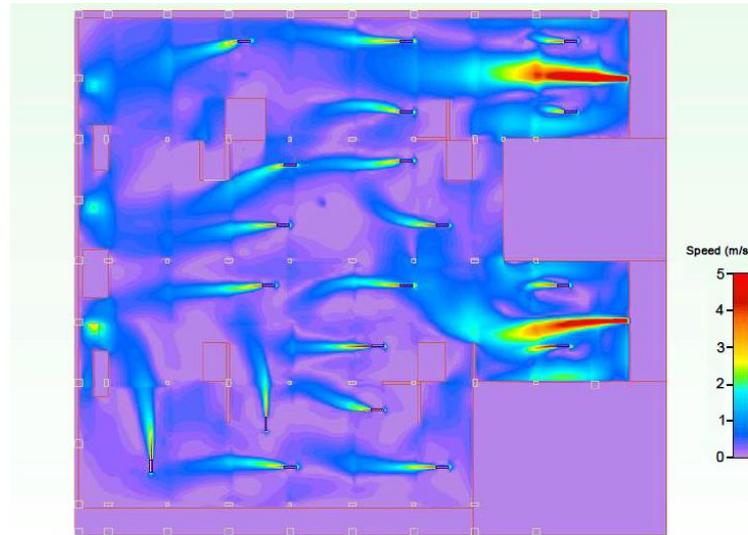
a) Simulación CFD para jet fans

En el análisis de fluidos computacional se pueden obtener los siguiente parámetros:

- ✚ Analisis de temperaturas en distintas altura
- ✚ Analisis de CO en distintas altura
- ✚ Analisis de velocidad de aire a distintas alturas.

Figura N° 2.15.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CFD



Fuente:Elaboracion Propia

2.4. Definiciones de términos básicos.

Aire exterior: Aire del ambiente que entra a una edificación a través de un sistema de ventilación, mediante apertura intencionales para la ventilación natural o por filtración.

Aire de impulsión o de suministro: Aire tratado e inyectado a los demás ambiente con equipos electromecánicos.

Concentración máxima admisible: Son los niveles máximos aceptables de cada contaminante en otros ambientes distintos a la zona que se trata. Tienen por objeto asegurar que para unas circunstancias específicas dadas, no se superen los niveles de las normas de protección primaria.

Conducto de extracción: Conducto que sirve para sacar el aire viciado al exterior.

Ducto: Conducto generalmente de metal o fibra de vidrio empleada para conducir el aire de un lugar a otro.

Expulsión: Salida al exterior del aire viciado

Extracción: Evacuación hacia el exterior del aire viciado de un local. Este aire puede haberse contaminado en el propio local o en otros contaminados con él.

Extractor: Ventilador que sirve para extraer de forma localizada los contaminantes.

Filtro: Elemento de un sistema de ventilación que sirve para retener la suciedad del aire (partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias) con el fin de evitar el ensuciamiento de los dispositivos y aparatos por los que este pasa y la contaminación del aire exterior.

Partes por millón: p.p.m: Unidad de medida de concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

Renovación de aire: Sustitución del aire contenido limpio en un periodo de tiempo determinado

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipotesis

3.1.1. Hipótesis general

- ✚ Con el diseño del sistema de ventilación mecánica adecuado para la extracción de gases contaminantes se mejora la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas Time.

3.1.2. Hipótesis específica

- ✚ Con el cálculo del caudal de renovación se asegurará que la concentración de monóxido de carbono no sobrepase su límite permisible.
- ✚ El diseño de los ductos de extracción y la cuantificación de los ventiladores de impulso podrán guiar adecuadamente el aire contaminado hacia el exterior.
- ✚ Una correcta selección de los equipos y accesorios permitirán un buen funcionamiento del sistema de ventilación.
- ✚ Con la simulación de la dinámica de fluidos computacional del sistema de ventilación mecánica nos permitira encontrar la ubicación de los equipos que asegurara un eficiente intercambio entre el aire puro y contaminado.

3.2. Definición conceptual de las variables

3.2.1. Variable Independiente:

✚ Sistema de ventilación mecánica

a) Definición de la Variable:

“Es el tipo de aplicación de la ventilación que utiliza equipos electromecánicos para la inyección y la extracción del aire de un ambiente”.
(Salvador, 2012, p.120).

3.2.2. Variable Dependiente:

✚ Mejorar la calidad del aire

a) Definición de la Variable:

“El aire es la mezcla gaseosa que forma la atmósfera terrestre. Más allá del vapor de agua que aparece en distintas proporciones, este fluido está compuesto por 78 partes de nitrógeno, 21 partes de oxígeno y una de argón y otros gases similares, junto a algunas centésimas de dióxido de carbono”.
(Salvador, 2012, p.132).

3.2.3. Operacionalización de las variables

Tabla N° 3.1.Operacionalización de las variables

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE	MÉTODOS Y TÉCNICAS
INDEPENDIENTE Sistema de ventilación mecánica	Sistema de ventilacion que a diferencia de otros sistemas de ventilación puede ser aplicado en estacionamientos que no tienen comunicación con el exterior, mediante ductos de extracción y ventiladores de impulso,que junto al resto de equipos,accesorios y a una simulación CFD garantizan el ajuste y el control del caudal de renovación de aire.	Caudal de Renovacion de Aire	Volumen	m ³	Métodos: - Científico - Específico - Inferencial Técnicas: - Análisis Documental
			# de Renov/hora	Renv/hr	
		Ductos de Extraccion de Monoxido	Caída de presión	In.ca	
		Ventiladores de impulso	# Jet Fans	unidad	
		Equipos y Accesorios	Dampers y Rejillas	mm	
		Simulacion CFD	Mallado	#celdas	
		Variables a iterar	unidad		
DEPENDIENTE Mejora en la calidad del aire	La calidad del aire en los estacionamientos, depende de la adecuada extracción del aire contaminado dentro del estacionamiento y sobre todo del control de la concentración de monóxido carbono en niveles permisibles que se obtiene de un buen funcionamiento del sistema asegurando un eficiente intercambio entre el aire puro y el contaminado, en consecuencia al estar bien diseñado genera menor consumo de energía eléctrica.	Contaminacion del aire	# Sensores de CO	unidad	
		Concentracion de monóxido de CO	Estandares ASHRAE y RNE	ppm	
		Consumo eléctrico	Tarifa de consumo	S./Kw	
		Punto optimos que aseguran un eficiente intercambio entre el aire puro y contaminado	Movimiento del aire	m/s	

Fuente :Elaboracion propia

CAPÍTULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de la investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El presente informe de tesis es una investigación del tipo tecnológica y de nivel aplicado pues se aplican conocimientos científicos del área de mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor y electricidad, las cuales son parte del plan de estudios 2016 de la carrera profesional de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional del Callao.

La investigación tecnológica tiene como objetivo la solución de problemas, lo cual implica la transformación de la realidad, con estas nuevas soluciones se beneficiara a la sociedad (Borja,2012,p.11).

4.1.2. Diseño de la investigación

El presente informe tiene un diseño del tipo no experimental, transversal-descriptivo ya que para el diseño del sistema de ventilación no se van a manipular las variables, se van a observar los fenomenos como se dan en un periodo determinado del tiempo aplicando el instrumento de estudios solo una vez.

El diseño no experimental se basa en la obtención de información sin manipular los valores de las variables, es decir tal y como se manifiestan las variables en la realidad (Borja,2012, p.29).

Los diseños transeccionales o transversales se utilizan para realizar estudios de investigación de hechos y fenómenos de la realidad, en un momento determinado del tiempo (Carrasco,2006, p.71).

Los diseños transeccionales descriptivos se emplean para analizar y conocer las características, rasgos, propiedades y cualidades de un hecho o fenómeno de la realidad en un momento determinado del tiempo. (Carrasco,2006, p.71).

4.2. Método de Investigación

El método de investigación utilizado en este informe es el científico, específico-inferencial puesto que solo se estudia cierta parte de la realidad y mediante los datos tomados se induce la solución al problema de la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos, así como también a partir de las teorías científicas se deduce como mejorar la calidad del aire.

Los métodos específicos a diferencia de los generales, solo se emplean para el estudio una determinada parte de la realidad, analizando las cualidades y las conexiones de los hechos sociales o naturales.(Carrasco,2006, p.272).

El método inferencial es el que permite realizar la inducción y la deducción en el proceso de análisis y síntesis de los hechos y fenómenos que se investiga (Carrasco,2006, p.273).

La inducción permite conocer a partir de hechos particulares y concretos y la deducción a partir de las características generales de las teorías científicas (Carrasco,2006, p.273).

4.3. Poblacion y muestra

“Desde un punto de vista estadístico, se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (Borja,2012, p.30).

“La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”(Sampieri, Hernandez y Baptista , 2010, p.173).

En la presente tesis los 7 estacionamientos subterráneos del edificio de Oficinas Time, ubicados en el distrito de Surco , son la población que en este caso es igual a la muestra.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El edificio de oficinas Time Surco, ubicado en el cruce de Jr.Cruz del Sur Mz. E LT 85 lote 1 y 2 distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima, se desarrollo en el periodo del Octubre a Diciembre del 2018.

4.5. Tecnicas e instrumentos para la recolección de la información

“La técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación, está formada por documentos de diferentes tipos: revistas, memorias, actas, registros, datos e informaciones estadísticas y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos de su funcionamiento”(Espinoza, 2010, p.110).

Por lo tanto en el siguiente trabajo se utilizara el análisis documental

Tabla N° 4.1

.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental 	<ul style="list-style-type: none"> • Planos de Planta y Elevacion de los estacionamientos. • Manuales ASHRAE, Reglamento Nacional de Edificiacion. • Documentos de especificaciones de ductos, rejillas y sensores de monóxido de carbono.

Fuente:Elaboracion propia

4.6. Análisis y procesamiento de datos:

Para poder obtener los objetivos de la investigación se trabajo de la siguiente manera:

Tabla N° 4.2

.FASES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

FASES	PROCEDIMIENTO
FASE 1	Determinacion de los caudales de extracion y de inyeccion
FASE 2	Calculo de la caida de presion y cuantificacion de los jet fans
FASE 3	Selección de los componentes
FASE 4	Simulacion mediante la dinamica de fluidos computacional

Fuente:Elaboracion propia

a) FASE 1:

Realizamos la toma de datos para el primer sotano (S-1), para proceder con el calculo de los caudales según la normativa local e internacional, utilizando nuestro instrumento de estudio, que se puede visualizar en el ANEXO 2

Tabla N° 4.3.

DATOS DE PARTIDA PARA EL INICIO DEL ESTUDIO

Descripción	SÓTANO 1
Largo (La):	52 m
Ancho (An):	48 m
Área Efectiva (Af):	1,678 m ²
% Área estacionamiento disponible:	68%
Altura (H):	3.3 m
Volumen (V):	5,545 m ³
Número de estacionamientos:	44 unidades

Fuente:Elaboracion propia

El porcentaje de área del estacionamiento accesible es asociada al área libre del estacionamiento vale decir, el área dedicada solo al transito de vehículos.

Procedemos entonces a calcular los caudales

i. Método ASHRAE:

De la ecuación 2.9 , se tiene la concentracion máxima de monóxido de carbono, siendo $N = 44, Af = 1,678 \text{ metros}^2 = 18,062 \text{ pies}^2$, también se verificó que el valor promedio de emisión de monóxido de carbono para

un auto típico es de $E = 1.544 \frac{Lb}{hora}$

Por lo que el valor de la concentración máxima de monóxido de carbono quedaría determinada de la siguiente manera:

$$G = 44 \times \left(\frac{1.544 \frac{Lb}{hora}}{18,062 pies^2} \right)$$

$$\therefore G = 1.128968 \times 10^{-3} \frac{Lb}{hora \times pies^2}$$

De la ecuación 2.10, se calculo el factor "F", siendo

$$G_0 = 5.46 \times 10^{-3} \frac{Lb}{hora \times pies^2}$$

$$F = 100 \times \frac{1.128968 \times 10^{-3}}{5.46 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore F = 20.68$$

Luego el valor del factor "F" y considerando un tiempo de entrada y de tránsito en el estacionamiento de 120 s, para mantener una concentración permisible de 25 ppm, se tuvo lo siguiente:

Siendo:

$$C = 1.363 \times 10^{-4} \frac{cfm}{pies^2}$$

Que de la ecuación 2.11, se tiene:

$$\text{Factor de Renovación} = 1.363 \times 10^{-4} \times 20.68 \times 120$$

Escrito de otra manera es :

Factor de Renovación= $0.3389 \frac{\text{cfm}}{\text{pies}^2}$, que multiplicando por el área efectiva de $18,062 \text{ pies}^2$

Se tiene lo siguiente:

$$Q = 0.3389 \frac{\text{cfm}}{\text{pies}^2} \times 18,062 \text{ pies}^2$$

$$\therefore Q_{\text{ASHRAE}} = 6,105 \text{ cfm}$$

ii. Método Reglamento Nacional de edificaciones:

De la ecuación 2.4, se tiene lo siguiente

$$Q_{12 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 1,678 \text{ metros}^2 \times \frac{12 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{\text{metros}^2}$$

$$Q_{12 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 20,136 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

$$\therefore Q_{12 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 11,860 \text{ cfm}$$

De la ecuación 2.1 y 2.5, se tiene lo siguiente

$$Q_{5 \frac{\text{renov}}{\text{hora}}} = (1,678 \text{ metros}^2) \times (3.3 \text{ metros}) \times \frac{5 \frac{\text{renov}}{\text{hora}}}{\text{metros}^3}$$

$$Q_{5 \frac{\text{renov}}{\text{hora}}} = 27,687 \frac{\text{metros}^3}{\text{hora}}$$

$$\therefore Q_{5 \frac{\text{renov}}{\text{hora}}} = 16,330 \text{ cfm}$$

iii. **Según la norma británica :**

Se ha utilizado la ecuación 2.6

$$Q_{BS\ 7346-4} = (1,678\ \text{metros}^2) \times (3.3\ \text{metros}) \times \frac{6\ \frac{\text{renov}}{\text{hora}}}{\text{metros}^3}$$
$$Q_{BS\ 7346-4} = 33,224\ \frac{\text{metros}^3}{\text{hora}}$$
$$\therefore Q_{BS\ 7346-4} = 19,569\ \text{cfm}$$

iv. **Caudal según la norma NFPA, se utilizo la ecuación 2.7**

$$Q_{NFPA} = 18,062\ \text{pies}^2 \times \frac{1\ \text{cfm}}{\text{pies}^2}$$
$$\therefore Q_{NFPA} = 18,062\ \text{cfm}$$

De todos estos caudales obtenido se considero el caudal de 5 renov/hora del Reglamento Nacional de edificaciones, puesto que este caudal es el minimo que cumple el requisito de una dilución de monóxido de carbono de 25 ppm .

$$\therefore Q_{5\ \frac{\text{renov}}{\text{hora}}} = 16,330\ \text{cfm}$$

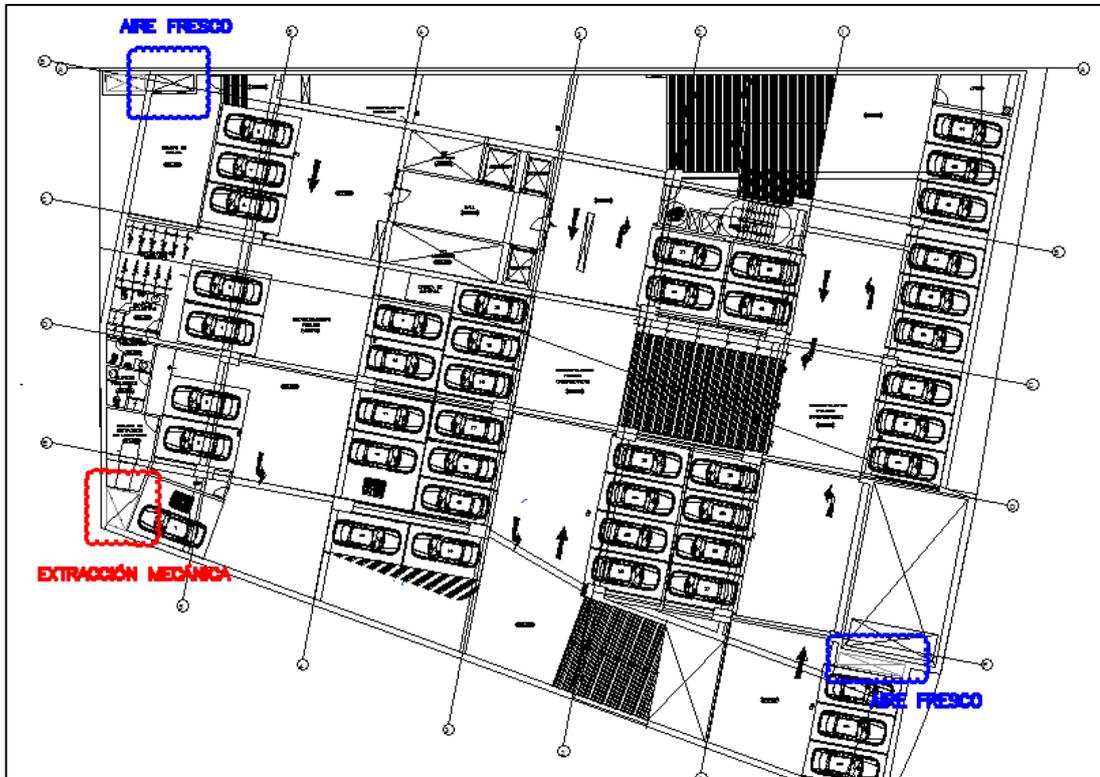
b) FASE 2:

Para poder determinar la caída de presión de los ductos encargados de guiar el aire contaminado al exterior del estacionamiento primero tuvimos que utilizar los siguientes pasos:

- i. Se considero los puntos de extracción mecánica y de aporte de aire fresco, en posiciones tentativas en el plano de arquitectura suministrado por la constructora.

Figura N° 4.1.

PUNTOS DE INYECCIÓN Y DE EXTRACCIÓN

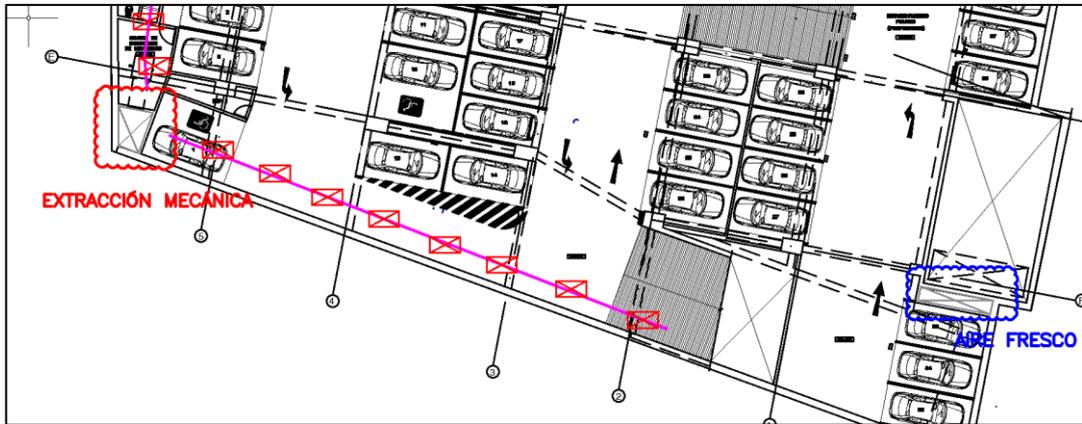


Fuente:Elaboracion Propia

- ii. Luego de tener claro los puntos de aporte natural del aire (por las rampas de acceso rejillas en la superficie que comunican con el exterior) y el punto de extracción mecánica del primer sótano, se procedió a realizar un recorrido tentativo de los ductos de extracción mecánica así como el de las rejillas de captación de los gases contaminantes, la validación de este recorrido del sistema de ducteria se realizo en coordinación con el arquitecto encargado de la obra, realizando una compatibilización de especialidades, con el fin de no interferir con el suministro de otra especialidad mecanica o eléctrica del edificio.

Figura N° 4.2.

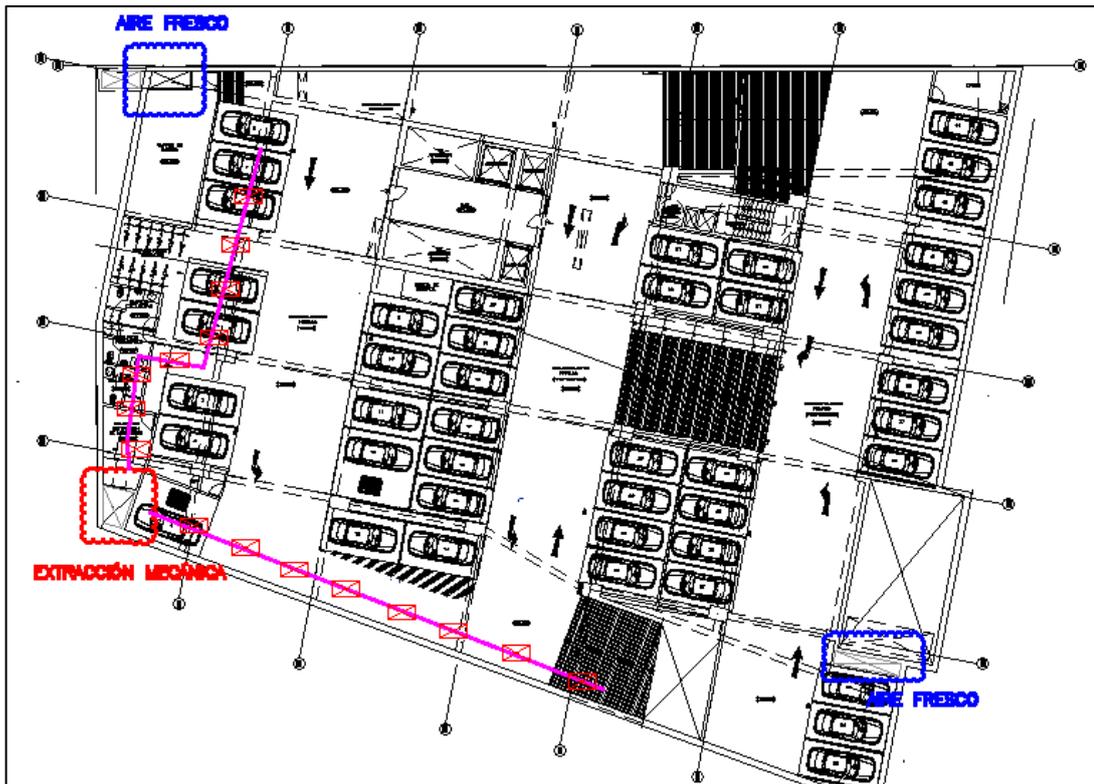
UBICACIÓN TENTATIVA DE LAS REJILLAS DE EXTRACCIÓN



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.3.

RECORRIDO TOTAL DE LOS DUCTOS DE EXTRACCIÓN



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.4.

ACERCAMIENTO AL RECORRIDO DE EXTRACCIÓN



Fuente:Elaboracion Propia

- iii. Luego teniendo un bosquejo del recorrido del ducto y la ubicación de las rejillas procedimos a segmentar estos recorridos con letras mayúsculas, que nos ayudo en el calculo de la caída de presión en los ductos de extracción de los gases contaminantes.

Siendo el primer recorrido dividido en los siguientes segmentos:

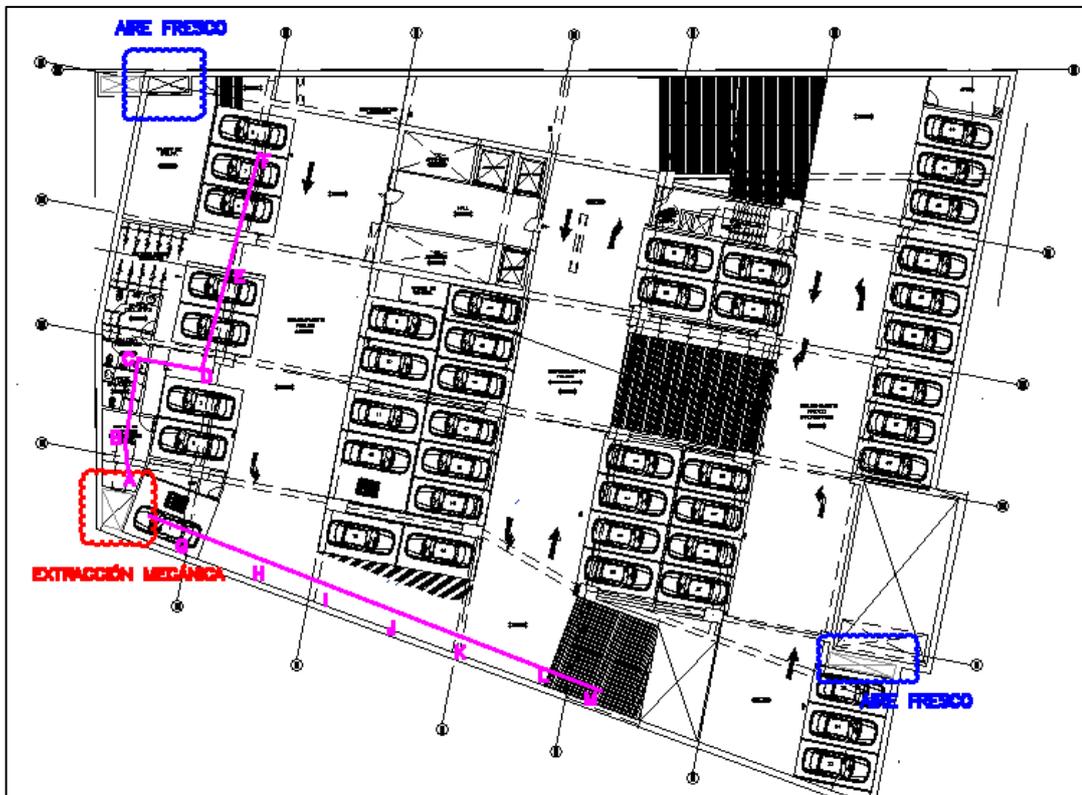
Tramo 1 AB,BC,CD,DE y EF, en donde podemos observar accidentes en curvas y tramos que no son rectos.

El segundo tramo se dividió en los siguientes segmentos:

Tramo 2 GH,HI,IJ,JK,KLy LM respectivamente.

Figura N° 4.5.

SEGMENTACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO



Fuente:Elaboracion Propia

- iv. Se procedió a calcular las caídas de presión estáticas y dinámicas

✚ Caída de presión estática

Utilizando el gráfico N°2.1 del diámetro de los ductos de plancha de acero galvanizado y utilizando una velocidad en el ducto principal de 12 m/s, que es igual a $2400 \frac{\text{pies}}{\text{minuto}}$ o fpm ,recorredemos que se uso el método de la velocidad constante por los que el valor de 2400 fpm, se mantuvo tanto en el tramo 1, como en el tramo 2.

Tabla N° 4.4.

Tramo 1						
N°	Sección del Ducto	Caída de Presión	Largo	Ancho	Longitud del ducto	Pérdida Total
1	AB	0.261 in/100pies	24 in	24 in	8.95	0.0234 in.ca
2	BC	0.286 in/100pies	22 in	22 in	4.25	0.0122 in.ca
3	CD	0.315 in/100pies	20 in	20 in	6.3	0.0198 in.ca
4	DE	0.363 in/100pies	18 in	18 in	10.25	0.0372 in.ca
5	EF	0.425 in/100pies	16 in	16 in	11.9	0.0506 in.ca
6	FF'	0.525 in/100pies	14 in	14 in	2.69	0.0141 in.ca
7	FF''	0.727 in/100pies	12 in	12 in	3.47	0.0252 in.ca
CAÍDA DE PRESIÓN ESTÁTICA TOTAL PARA EL TRAMO 1						0.1825 in.ca
CAÍDA DE PRESIÓN ESTÁTICA TOTAL EN EL TRAMO 1						

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla N° 4.5.

DIÁMETRO EQUIVALENTE EN EL TRAMO 1

Tramo 1				
N°	Sección del Ducto	Flujo de Aire	Diámetro Equivalente	Velocidad
1	AB	9,390 cfm	27 in	2,400 fpm
2	BC	8,118 cfm	25 in	2,400 fpm
3	CD	6,846 cfm	23 in	2,400 fpm
4	DE	5,574 cfm	21 in	2,400 fpm
5	EF	4,302 cfm	18 in	2,400 fpm
6	FF'	3,030 cfm	15 in	2,400 fpm
7	FF''	1,758 cfm	12 in	2,400 fpm

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla N° 4.6.

CAÍDA DE PRESIÓN ESTÁTICA TOTAL EN EL TRAMO 2

Tramo 2				
N°	Sección del Ducto	Flujo de Aire	Diámetro Equivalente	Velocidad
1	GH	9,390 cfm	27 in	2,400 fpm
2	HI	8,118 cfm	25 in	2,400 fpm
3	IJ	6,846 cfm	23 in	2,400 fpm
4	JK	5,574 cfm	21 in	2,400 fpm
5	KL	4,302 cfm	18 in	2,400 fpm
6	LM	3,030 cfm	15 in	2,400 fpm
7	LM'	1,758 cfm	12 in	2,400 fpm

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla N° 4.7.

DIÁMETRO EQUIVALENTE EN EL TRAMO 2

Tramo 2						
N°	Sección del Ducto	Caída de Presión	Largo	Ancho	Longitud del ducto	Pérdida Total
1	GH	0.261 in/100pies	24 in	24 in	4.69	0.0122 in.ca
2	HI	0.286 in/100pies	22 in	22 in	3.14	0.0090 in.ca
3	IJ	0.315 in/100pies	20 in	20 in	7.38	0.0232 in.ca
4	JK	0.363 in/100pies	18 in	18 in	1.25	0.0045 in.ca
5	KL	0.425 in/100pies	16 in	16 in	6.47	0.0275 in.ca
6	LM	0.525 in/100pies	14 in	14 in	5.55	0.0291 in.ca
7	LM'	0.727 in/100pies	12 in	12 in	9.63	0.0700 in.ca
CAÍDA DE PRESION ESTÁTICA TOTAL PARA EL TRAMO 2						0.1757 in.ca

Fuente:Elaboracion Propia

✚ Cálculo de las pérdidas Dinámicas:

Utilizaremos la ecuación de la velocidad de presión, pero primero se calculo los coeficientes de pérdidas dinámicas mediante las tablas de los ANEXOS.

9 al 14

Tabla N° 4.8.

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE PÉRDINA DINÁMICAS EN EL TRAMO 1

Sección del Ducto	Número de Accesorio	Tipo de Accesorio	Código ASHRAE	Parámetros
AB	1	Entrada	ED1-3	0.03
	2	Damper	CD9-1	0.6
	3	Conexión, principal	ED5-1	0.11
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DINÁMICAS PARA EL TRAMO 1				0.74

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 4.9.

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PÉRDIDA DINÁMICO EN EL TRAMO 1

Sección del Ducto	Número de Accesorio	Tipo de Accesorio	Código ASHRAE	Parámetros
EF	4	Entrada	ED1-1	0.5
	4	Pantalla	CD6-1	0.97
	5	Codo	CD3-7	0.21
	6	Damper	CD9-1	0.6
	3	T, rama	ED5-1	-2.25
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DINÁMICAS PARA EL TRAMO 1				0.03

Fuente:Elaboracion propia

Luego utilizando las formulas 2.16 y 2.14 anteriormente mencionadas y los valores obtenidos en las tablas N°4.7 y N°4.8

Tabla N° 4.10.

CAÍDA DE PRESIÓN DINÁMICA EN EL TRAMO 1

Tramo 1						
N°	Sección del Ducto	Flujo de Aire	Diámetro Equivalente	Velocidad de presión	Coeficiente	Pérdida Total
1	AB	9,390 cfm	27 in	0.358 fpm	0.74	0.2651 in.ca
2	EF	4,302 cfm	18 in	0.316 fpm	0.03	0.0095 in.ca
CAÍDA DE PRESION DINÁMICA TOTAL EN EL TRAMO 1						0.2745 in.ca

Fuente:Elaboracion propia

Por lo que de la tabla N°4.5 y las tabla N°4.9, se tiene que la caída de presión total será igual a la suma de la caída de presión estática y dinámica en el tramo 1, es decir:

$$P_{\text{estática en el tramo 1}} = 0.1825 \text{ in.ca} ; P_{\text{dinámica en el tramo 1}} = 0.2745 \text{ in.ca}$$

$$P_{\text{total en el tramo 1}} = 0.1825 + 0.2745 \text{ in.ca}$$

$$P_{\text{total en el tramo 1}} = 0.457 \text{ in.ca}$$

Se siguió calculando la caída de presión estática pero en este caso para el tramo 2, utilizando la información sobre coeficientes del ANEXO.9 al 14

Tabla N° 4.11.

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PÉRDIDA DINÁMICAS EN EL TRAMO 2

Sección del Ducto	Numero de Accesorio	Tipo de Accesorio	Codigo ASHRAE	Parametros
GH	1	Entrada	ED1-3	0.03
	2	Damper	CD9-1	0.6
	3	Conexión,principal	ED5-1	0.11
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DINÁMICAS PARA EL TRAMO 2				0.74

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 4.12.

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DINÁMICAS EN EL TRAMO 2

Seccion del Ducto	Numero de Accesorio	Tipo de Accesorio	Codigo ASHRAE	Parametros
KL	14	Codo	CR3-3	0.14
	15	Damper	CR9-1	0.08
	5	ramal de conexión	SR5-13	0.04
COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DINÁMICAS PARA EL TRAMO 2				0.26

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 4.13.

CAÍDA DE PRESIÓN DINÁMICA EN EL TRAMO 2

Tramo 2						
N°	Sección del Ducto	Flujo de Aire	Diámetro Equivalente	Velocidad de presión	Coefficiente	Pérdida Total
1	GH	9,390 cfm	27 in	0.358 fpm	0.74	0.2651 in.ca
2	KL	4,302 cfm	18 in	0.316 fpm	0.26	0.0822 in.ca
CAÍDA DE PRESION DINÁMICA TOTAL EN EL TRAMO 2						0.3472 in.ca

Fuente:Elaboracion propia

Por lo que de la tabla N°4.6 y las tabla N°4.12, se tiene que la caída de presión total será igual a la suma de la caída de presión estática y dinámica en el tramo 2, es decir:

$$P_{\text{estática en el tramo 2}} = 0.1757 \text{ in.ca} ; P_{\text{dinámica en el tramo 2}} = 0.3472 \text{ in.ca}$$

$$P_{\text{total en el tramo 2}} = 0.1757 + 0.3472 \text{ in.ca}$$

$$P_{\text{total en el tramo 2}} = 0.5229 \text{ in.ca}$$

Finalmente teniendo los valores de la caída de presión totales en el tramo 1 y en tramo 2.

$$P_{\text{total en el tramo 1}} = 0.457 \text{ in.ca}$$

$$P_{\text{total en el tramo 2}} = 0.5229 \text{ in.ca}$$

Por el criterio de la ruta crítica se tendría que seleccionar el tramo de ductería que genere mayor caída de presión.

Es por eso que:

$$P_{\text{total en el tramo 1}} \ll P_{\text{total en el tramo 2}}$$

$$P_{\text{sótano 1}} = P_{\text{total en el tramo 2}} = 0.5229 \text{ in.ca}$$

$$P_{\text{sótano 1}} = 0.5229 \text{ in. ca}$$

Adicionaremos a esta caída de presión un factor de seguridad del 12%, por imprevistos en tal sentido:

$$P_{\text{sótano 1}} = 1.12 \times 0.5229 \text{ in. ca}$$

$$\therefore P_{\text{sótano 1}} = 0.5856 \text{ in. ca}$$

Por lo tanto ya tenemos la caída de presión para ambos tramos, con el caudal calculado anteriormente y este valor podremos seleccionar el ventilador para la extracción de monóxido.

v. Determinación de la cantidad de Jet Fans para el Sótano 1

a) Luego de haber determinado el caudal se procederá a calcular la velocidad inducida según la ecuación 2.12.

$$V_i = 150 \times 5 \frac{\text{renovaciones}}{\text{hora}}$$

$$V_i = 150 \times 5 \frac{\text{renovaciones}}{3600\text{s}}$$

$$V_i = 0.20833 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Luego procedimos a calcular la superficie normal de ventilación con la fórmula 2.14

En este punto no se ha calculado el empuje de los equipos jet fans puesto que estos ya fueron calculados y tabulados por los fabricantes por lo que solo se tomarán los valores suministrados por ellos.

i. Para el TCP 6/450

$$S_{pn} = \frac{18}{0.52 \times 1.2 \times 0.25^2}$$

$$S_{pn} = 461.5 \text{ m}^2$$

$$\# \text{ de jet fans} = \frac{A_f}{S_{pn}}$$

$$\# \text{ de jet fans} = \frac{1678}{461.5}$$

de jet fans = 3.63 unidades \approx 4 equipos modelos TCP 6/450

ii. Para el IFAB

$$S_{pn} = \frac{11}{0.52 \times 1.2 \times 0.25^2}$$

$$S_{pn} = 282 \text{ m}^2$$

Hemos optados por estos dos modelos ya que ellos se prestaron mejor a la dispoicion geométrica del estacionamiento en estudio.

Por lo que calculando el numero de jet fans en cada caso tenmos lo siguiente:

$$\# \text{ de jet fans} = \frac{1678}{282}$$

de jet fans = 6 equipos modelo IFAB

Sin embargo se opto por una combinacion de estos dos equipos para el diseño de nuestro sistema de extracción de monóxido

Número de jet fans en el Sótano 1 = 4 equipos modelo IFAB

Número de jet fans en el Sótano 1 = 3 equipos modelos TCP 6/450

c) FASE 3

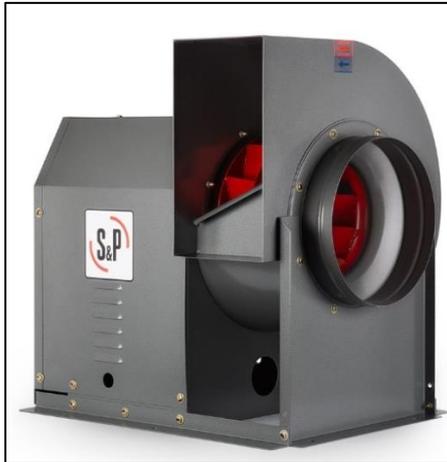
- i. Selección del ventilador de extracción de monóxido con el caudal y la caída de presión anteriormente calculada entramos al software easyvent del fabricante S&P.

$$\therefore P_{\text{sótano 1}} = 0.5856 \text{ in. ca}$$

$$\therefore Q_{\frac{\text{renov}}{\text{hora}}} = 16,330 \text{ cfm}$$

En el momento de la decisión de la selección del ventilador que funcione como extractor se ponen en balance , características como robustes y funcionabilidad por lo que en esta tesis se elegio a un ventilador de alabes atrados modelo CM del fabricante Soler & Palau, este tipo de equipos son autolimitantes en su potencia por lo que no tendremos problemas en recalentamiento de los motores eléctricos.

Figura N° 4.6.
VENTILADOR DE ALÁBES ATRAZADOS



Fuente:S&P USA

Luego procederemos a entrar al software de selección de la marca S&P USA <https://www.optisizer.com/>, en la cual podremos seleccionar los ventiladores así como los dampers, antiguamente se seleccionaban los ventiladores con curvas u otros elementos de apoyo sin embargo hoy en día con los parámetros de caída de presión, caudal, voltaje y aplicación podremos seleccionar el ventilador apropiado.

Los parámetros que se necesitan para la selección son los siguientes:

✚ $P_{sótano\ 1} = 0.5856$ in.ca.

✚ $Q_{sótano\ 1} = 16,330$ cfm.

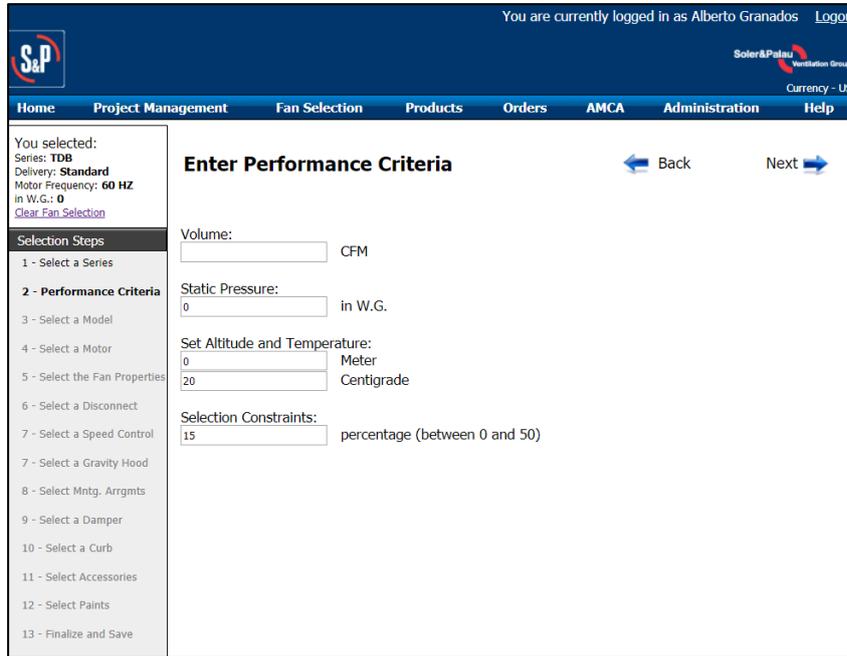
✚ $Voltaje = 380/3/60$.

✚ $Altura\ de\ operación =$ Lima Metropolitana (0 msnm).

✚ $Aplicación =$ Extracción de monóxido de carbono.

Figura N° 4.7.

SELECCIÓN DE VENTILADOR MEDIANTE SOFTWARE

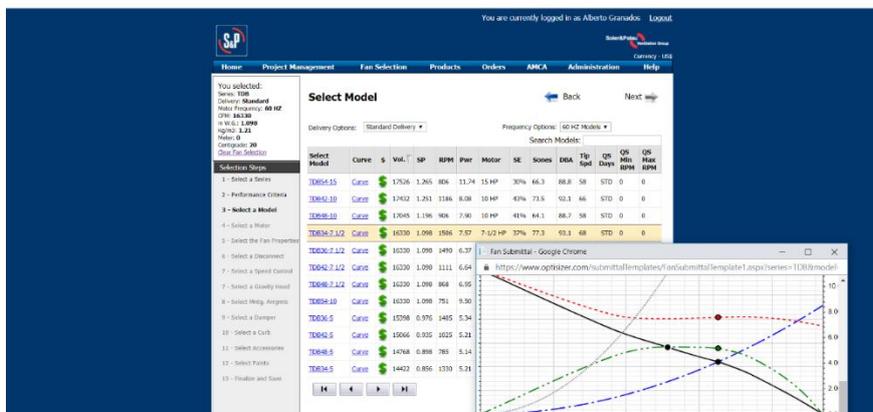


Fuente:S&P USA

Luego de la lista de ventiladores que nos apareció con nuestro parámetros ingresamos escogemos el que este mas próximo a una velocidad de 12 m/s, que es un valor para evitar altos niveles de presion sonora

Figura N° 4.8.

CURVAS DEL VENTILADOR SELECCIONADO



Fuente: S&P USA

ii. Selección de los sensores de monóxido

Para el primer sótano se procedió a calcular la cantidad de sensores de monóxido utilizando el radio efectivo de acción de cada uno de ellos, para el fabricante seleccionado: marcurco, su radio de acción es de 1000 pies², por lo que se procedió a dibujar en el plano mecánico del primer sótano circunferencia con esa características tratando de abarcar todo el área posible.

En este caso la cantidad de sensores necesarios en el primer sótano fue de 5 unidades.

∴ Cantidad de sensores_{SÓTANO 1} = 5 unidades

Figura N° 4.9.

UBICACIÓN DE LOS SENSORES DE MONÓXIDO

Fuente:Elaboracion Propia



iii. Selección de Rejillas de extracción de monóxido

Teniendo que el caudal total de extracción en el primer sótano es el siguiente: $Q_{\text{sótano } 1} = 16,330 \text{ cfm}$ y considerando 16 rejillas de extracción en total en ese sótano tendríamos que el caudal de extracción por rejilla será el siguiente:

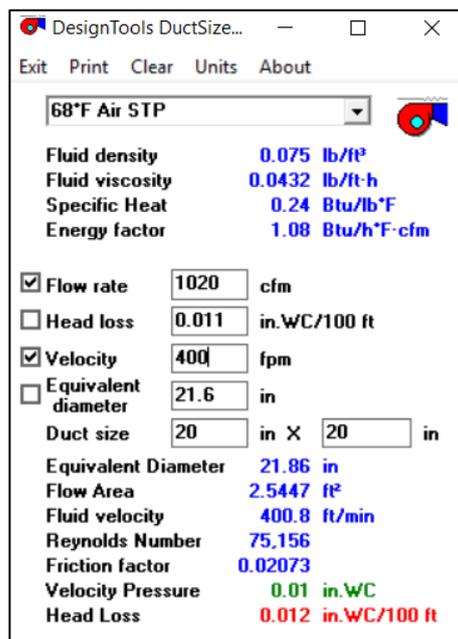
$$Q_{\text{rejilla}} = \frac{16,330 \text{ cfm}}{16}$$

$$\therefore Q_{\text{rejilla}} = 1020 \text{ cfm}$$

Además de la tabla N°2.12, consideramos una velocidad de $2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 400 \frac{\text{pies}}{\text{minuto}}$, con el valor del caudal de la rejilla y la velocidad de extracción podemos determinar las dimensiones de las rejillas de extracción, utilizando el software de McQuay.

Figura N° 4.10.

DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS



Fuente:Elaboracion Propia

Esto nos arroja una dimensión de rejillas de extracción de 20"x20", que nos garantiza una velocidad de captación de $400 \frac{\text{pies}}{\text{minuto}}$, la cual es la mas adecuada para la aplicacion en la que se esta trabajando

iv. Selección de los filtros de aire

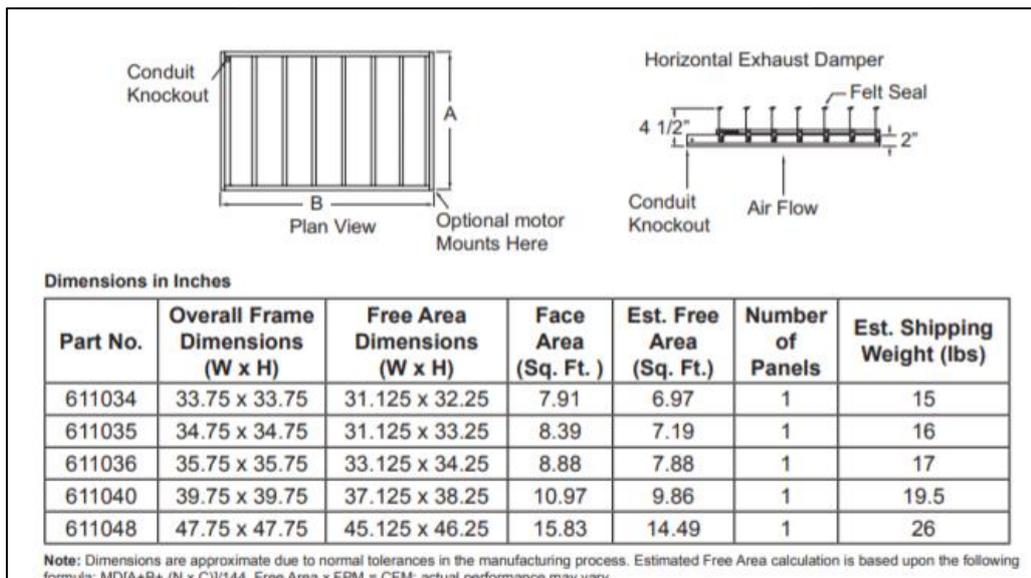
Para permitir el ingreso de aire, se deberá de mantener una velocidad de ingreso del aire a razón de 200 pies/minuto, que según la tabla N°2.10, son filtros metálicos que deben de permitir el ingreso de aire al estacionamiento

v. Selección de los dampers de gravedad para el ductos

Teniendose ya la dimensiones de los ductos se procedera a coloar dampers a la salida de los ducto que conectan a los ventiladores vale decir en los tramos AB y GH siendo estos de 24"x24", la utilización de estos dampers es apra evitar el reflujo de aire.

Figura N° 4.11.

DAMPERS SELECCIONADOS



oracion Propia

vi. Selección de los componentes del tablero de control.

Tomamos las potencias consumidas de los equipos de los submittalls de selección, de cada uno de los ventiladores de impulso y del extractor de alabes atrazados en este caso no se tiene ventiladores de einyeccion mecanica al ser el primer nivel , por lo que se prevee el ingreso de aire por las rampas de acceso y las rejilla que comunican al exterior del estacionamiento

Tabla N° 4.14.

CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS EQUIPOS

Equipo	Potencia Unitaria(Kw)	Cantidad	Potencia Total(Kw)
TCP 6/450	0.7	4	2.8
IFAB	0.4	3	1.2
Extractor	6	1	6
Potencia Total (Kw)			10

Fuente:Elaboracion Propia

Para poder seleccionar los contactores, reles de sobrecarga y demás accesorios debems de calcular la corriente de diseño, que se calcula de las ecuaciones 2.16 y 2.17, la corriente nominal se calculo previamente con el valor de la tabla N°4.14

Tabla N° 4.15.

CÁLCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL Y DE DISEÑO

In(nominal)	Id(corriente de diseño)
21.05 A	26.32 A

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla N° 4.16.

SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PARA EL TABLERO DE CONTROL

SÓTANO 1- TABLERO ARRANQUE POR VARIADOR (7.5 HP) JET FANS TCP 6/450 E IFAB	Cantidad
Interruptor Termomagnetico Caja Moldeada 3x(128/160)A 30kA/380VAC WEG	1
3 JET FANS TCP 6/450 (2.65 A) y 4 JET FANS IFAB (3 A)	
Interruptor Termomagnetico 3x20A MDW-C20-3 WEG	7
Contactador WEG CWB9-11-30D23 220V 50/60HZ	7
Relé Sobrecarga 0.8-1.2A RW27-2D3-D012	7
Relé Sobrecarga 2.8-4A RW27-2D3-U004	7
Interruptor Termomagnetico 2x16 WEG MDW-C16-2	1
Rasante (verde - 1NA) WEG	14
Rasante (rojo - 1NC) WEG	7
Piloto LED VERDE 220-240 Vca	7
Piloto LED ROJO 220-240 Vca	7
Hongo (rojo - 1NC) WEG	7
Manija de mando perilla larga, 45° (2NA), M-O-A, 3 posiciones	7

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla N° 4.17.

CONTINUACIÓN DE LA SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PARA EL TABLERO DE CONTROL

Descripcion	Cantidad
Variador de Velocidad 7.5HP/31A 380-480V CFW500 D 31P0 T4 DB20 WEG	1
Interruptor Termomágnético 3x40A MDW-C40-3 WEG PN:10076449	1
Rasante (verde - 1NA) WEG PN:12923177	1
Rasante (rojo - 1NC) WEG PN:12922955	1
Piloto LED VERDE 220-240 Vca PN:12923059	1
Piloto LED ROJO 220-240 Vca PN:12923060	1
Hongo (rojo - 1NC) WEG PN:10186364	1
Manija de mando perilla larga, 45° (2NA), M-O-A, 3 posiciones PN:12931120	1
Interruptor Termomágnético 2x4A WEG MDW-C4-2 PN:10076391	1
Rele de control 2NA/2NC CWCA0-22-00 PN:12487237	1

Fuente:Elaboracion Propia

vii. Lógica de control del sistema de ventilacion de monóxido de carbono:

Los detectores de monóxido de carbono (DM) se instalaran a 1.00m sobre el nivel del piso

El extractor en la sala de máquinas operara en cualquiera de las dos condiciones siguientes:

1. Cuando el detector de monóxido no sense CO en mas de 35 ppm por mas de 6 minutos:

- ✚ El extractor funciona al 60% de su funcionamiento.

2. Cuando el sensor de CO sea de mas de 35 ppm por más de 6 minutos

- ✚ El extractor operara al 100% de las rpm, hasta que la concentracion de CO disminuye menos de 35 ppm por mas de 6 minutos, entonces vuele a la condición 1.

d) FASE 4

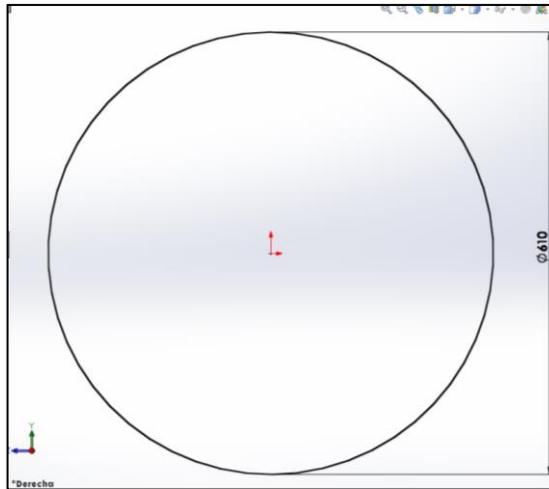
Realizar la simulación del primer estacionamiento.

- i. Procedemos a realizar el modelado 3D de los ventiladores de impulso TCP 6/450 , esto lo realizamos con la ayuda de los ANEXOS 14 , ya que se puede visualizar las dimensiones de estos equipos, además de la características del caudal de cada uno de ellos.

Se comienza por un croquis en vista de planta del ventilador de impulso tubular TCP 6/450.

Figura N° 4.12.

CROQUIS DEL VENTILADOR DE IMPULSTO TCP 6/450

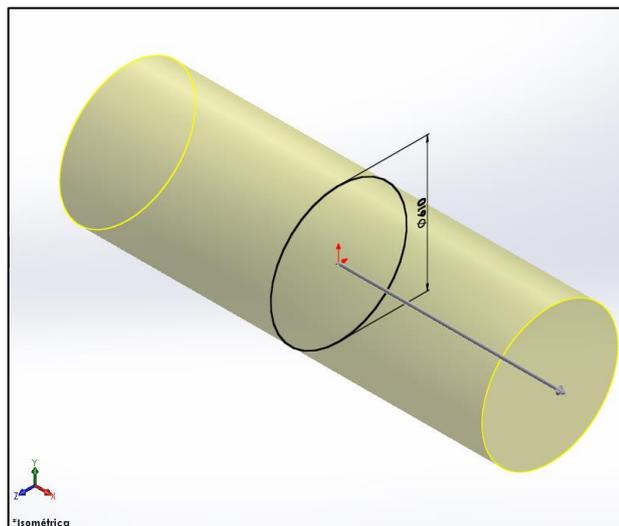


Fuente:Elaboracion Propia

Luego procedemos con la extruccion de la circunferencia para lograr tener la pieza en 3D, debemos de recordar que las piezas deben de tener el menor detalle posible, ya que eso haría la simulacion mas compleja por ello es que se dibujaron con el menor detalle posible.

Figura N° 4.13.

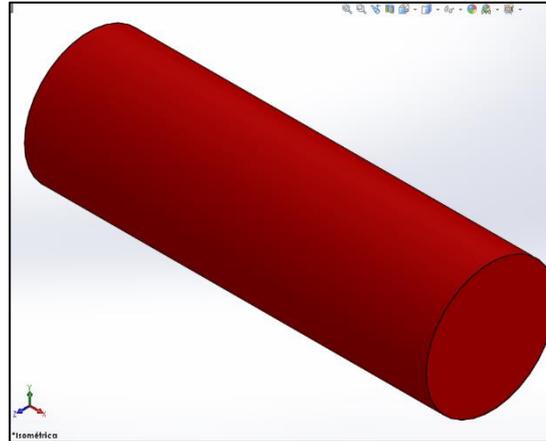
EXTRUSIÓN DEL VENTILADOR DE IMPULSO TCP 6/450



Fuente:Elaboracion Propia

Finalmente se le agrego el colo rojo para diferenciarlo del resto de la arquitectura del estacionamiento

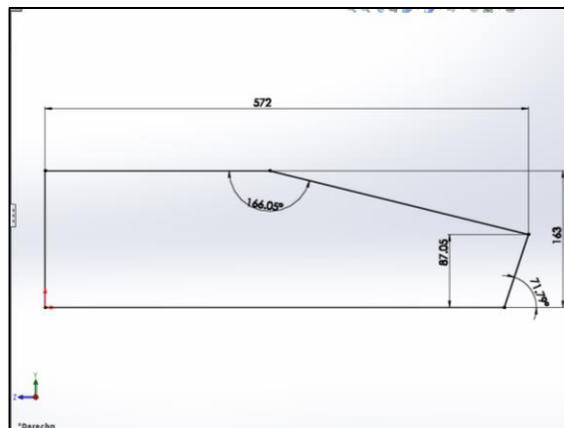
Figura N° 4.14
.SOLIDO DEL TCP 6/450



Fuente:Elaboracion Propia

- ii. Realizamos el scket del jet fans modelo IFAB, con las medidas que las podemos encontrar en el ANEXO 15, este ventilador de impulsión en particular tiene la característica de ser del tipo centrífugo con un angulo de inclinación que le permite evitar las vigas , realizando barridos mas uniformes, es mas apropiado su uso en estacionamientos de gran tamaño

Figura N° 4.15.
CROQUIS DEL MODELO IFAB

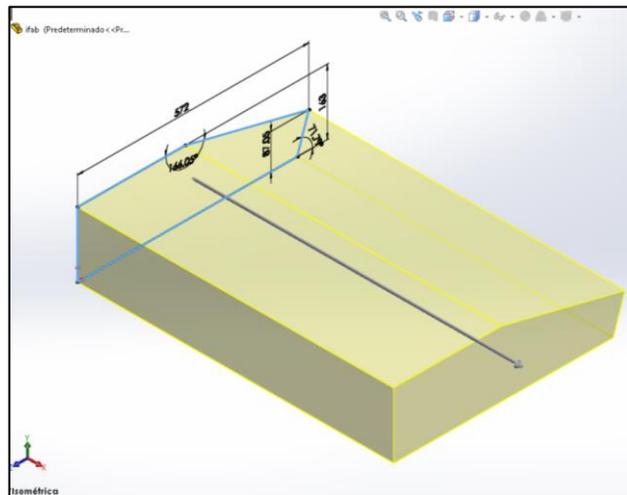


Fuente:Elaboracion Propia

Para el modelo de este solido al igual que el anterior , realizamos una geometría bastante básica para poder ahorrar tiempo en la solución de la cnvergencia, recordar en este tipo de simulación se resuelven las ecuacion de navier-Stock, lo que hace considerable el tiempo de convergencia de la solución de las ecuacion que describen dichos fenomenos

Figura N° 4.16.

EXTRUSIÓN VENTILADOR DE IMPULSO IFAB

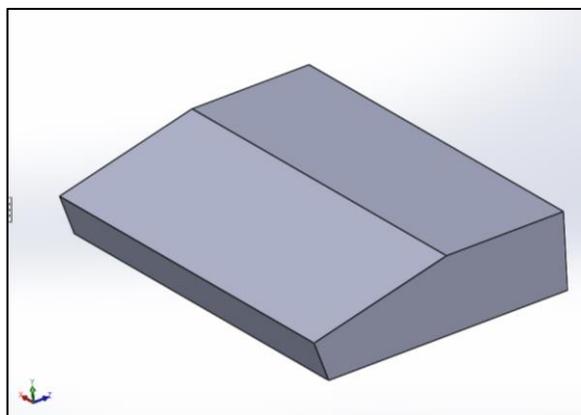


Fuente:Elaboracion Propia

A diferencia del modelo TCP 6/450, ha este solido no le agregaremos color, ni ninguna clase de textura en particular.

Figura N° 4.17.

SÓLIDO DEL MODELO IFAB

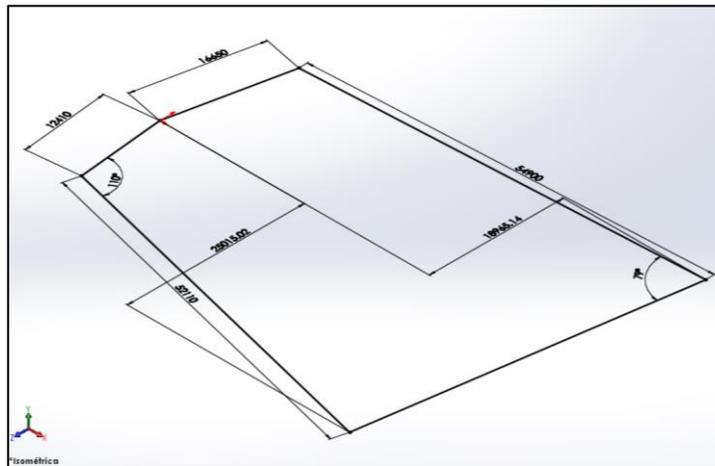


Fuente:Elaboracion Propia

- iii. Ahora se bosquejara el estacionamiento en estudio se tiene que tener especial cuidado en el dibujar los elementos que contribuirán o no en el movimiento del aire por lo que se debe de dibujar las columnas y se debe de omitir las zonas cerrada como almacenes o cuartos de bombas que son indiferentes de este tipo de sistema

Figura N° 4.18.

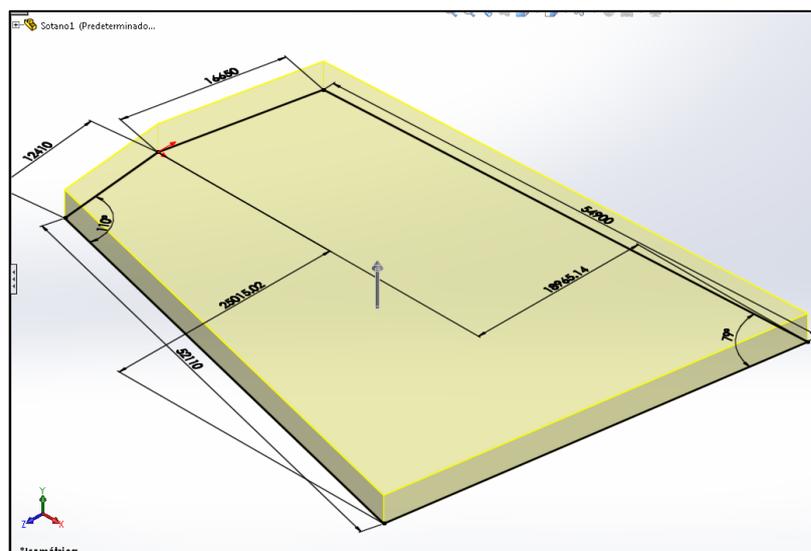
VISTA DE PLANTA DEL ESTACIONAMIENTO 1



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.19

.EXTRUSIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 1

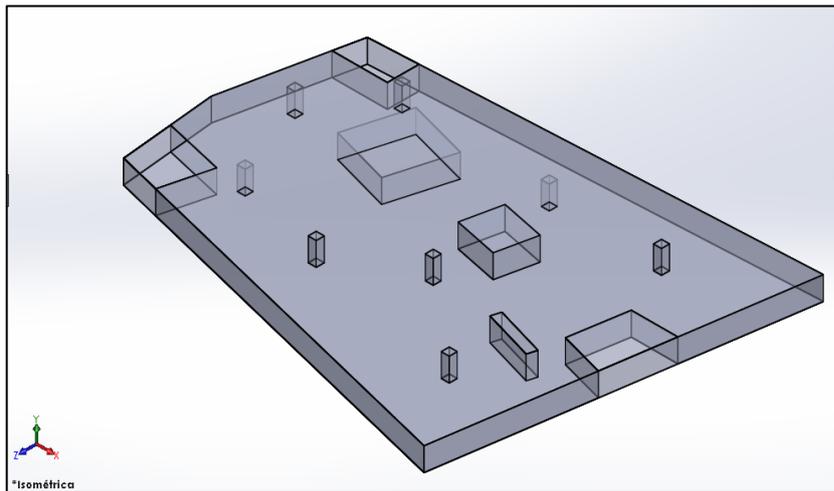


Fuente:Elaboracion Propia

Luego de realizar el vaciado respectivo del solido, ganando una superficie hueca, que servirá como volumen de control , se tiene lo siguiente:

Figura N° 4.20.

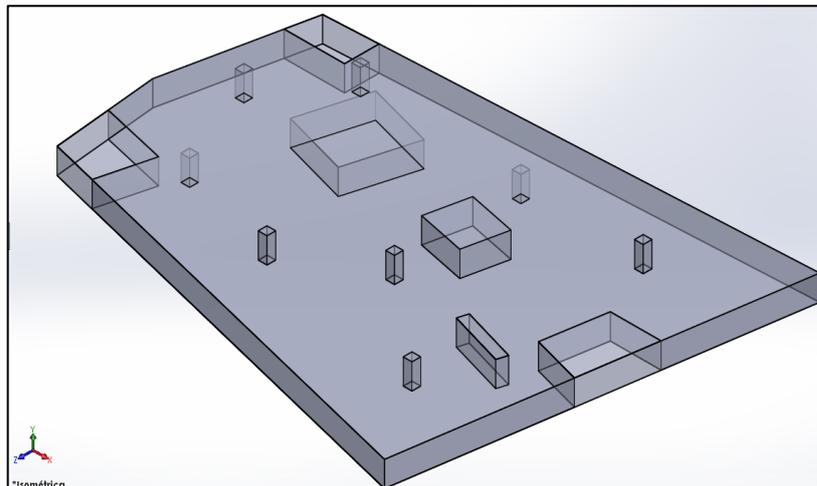
SÓLIDO FINAL DEL ESTACIONAMIENTO 1



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.21.

ACERCAMIENTO AL ESTACIONAMIENTO 1

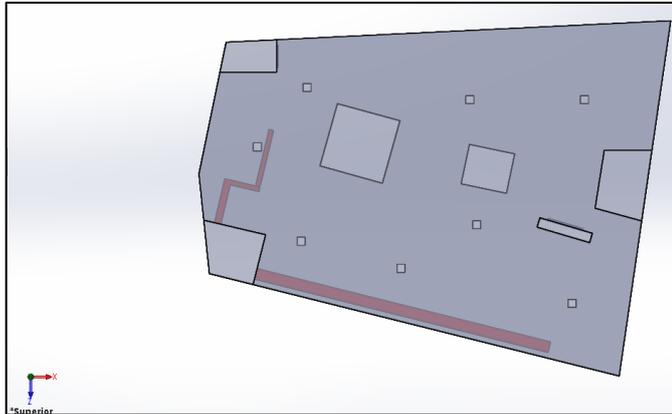


Fuente:Elaboracion Propia

- iv. Luego se procedio al dibujo de los ductos de extracción, se sombrearon de color rojo para diferenciarlos de los puntos de inyección de aire fresco

Figura N° 4.22

.BOSQUEJADO DE LOS DUCTOS EN EL ESTACIONAMIENTO 1

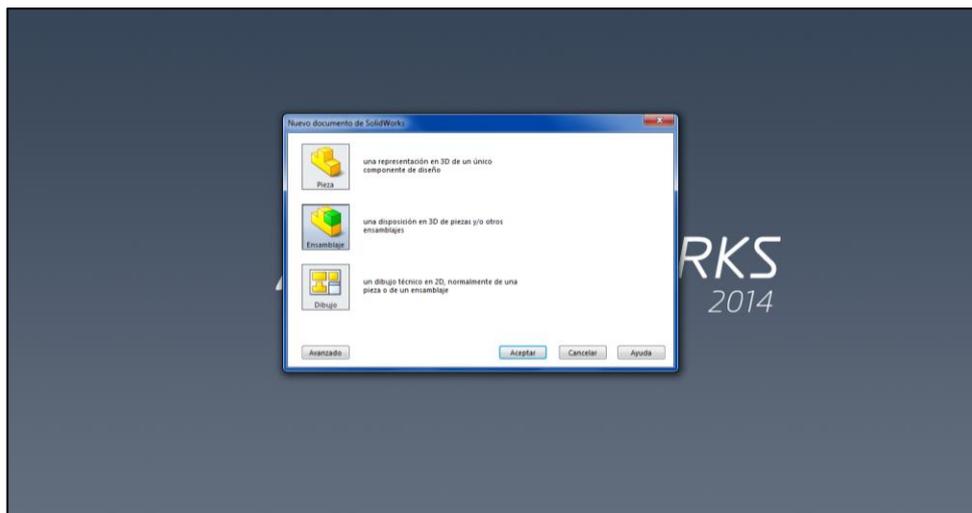


Fuente:Elaboracion Propia

- v. Luego se creo el ensamble respectivos con las componente anteriormente dibujados, ya que se creo el solido del estacionamiento y de los ventiladores de impulso

Figura N° 4.23.

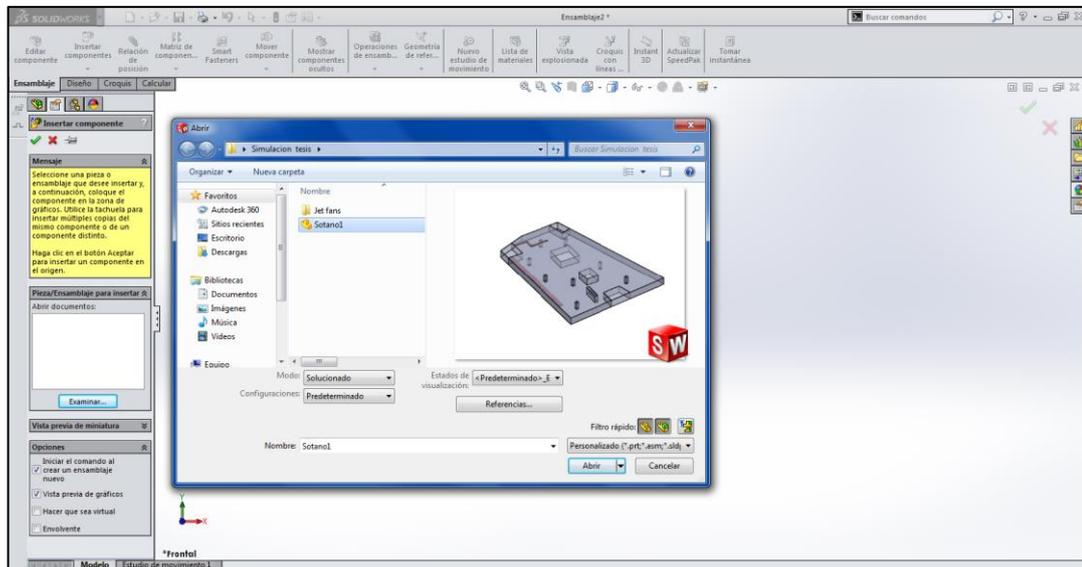
CREACIÓN DEL ENSAMBLE CON LOS JET FANS



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.24.

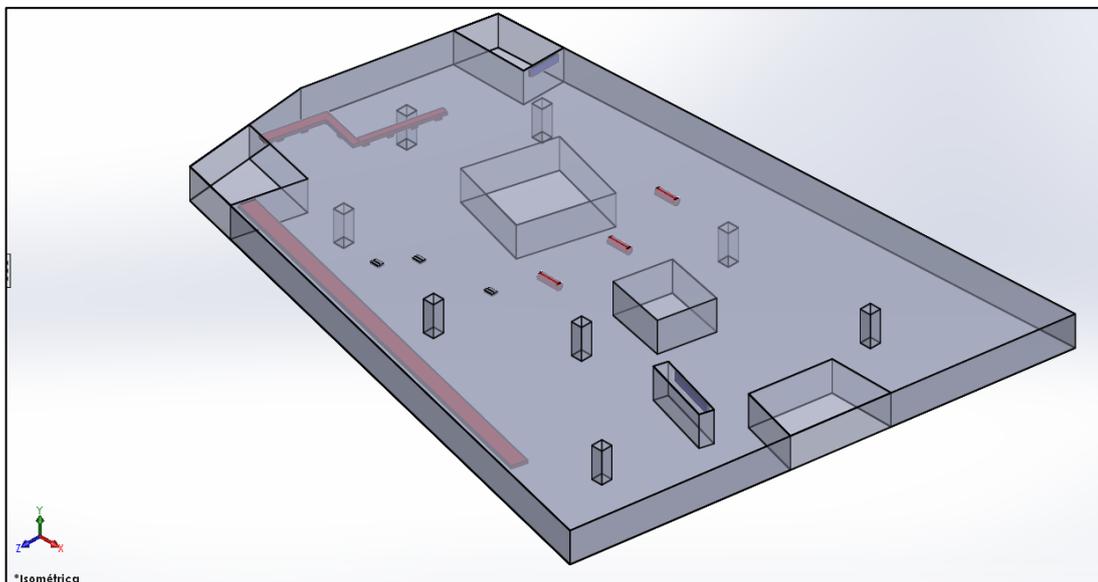
VISUALIZACIÓN DEL ENSAMBLE



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.25.

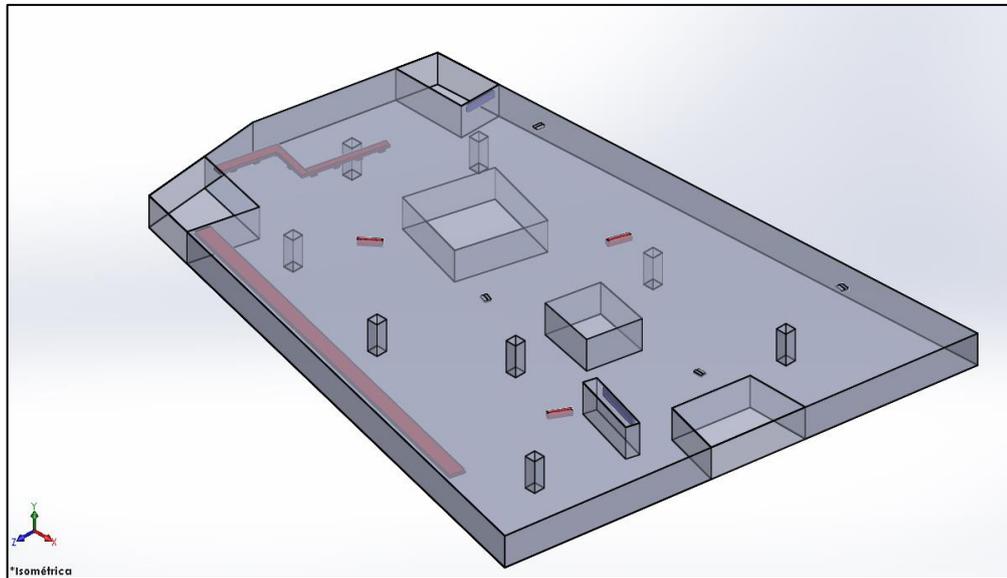
UBICACIÓN INICIAL DE LOS VENTILADORES DE IMPULSO



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.26.

UBICACIÓN TENTATIVA DE LOS EQUIPOS DE VENTILACIÓN

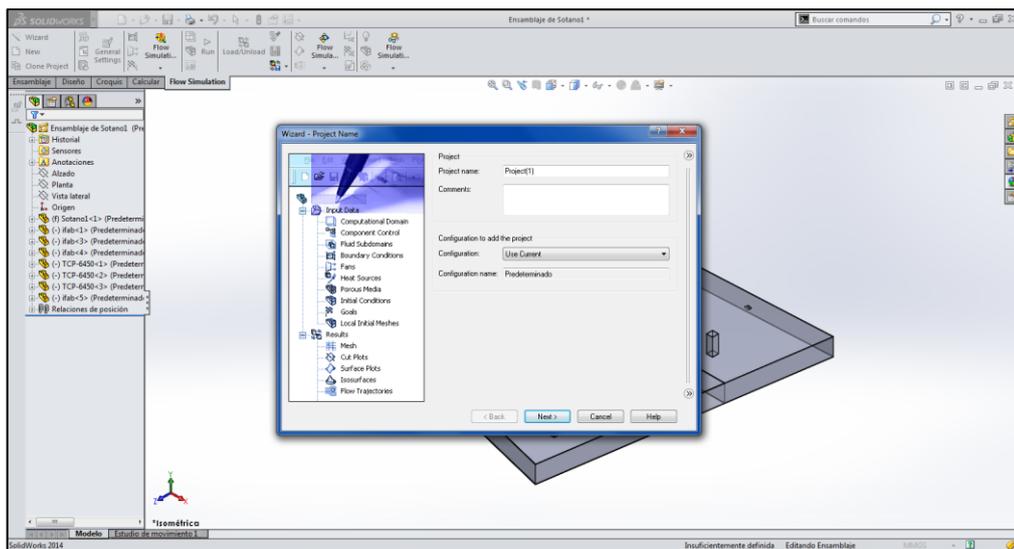


Fuente:Elaboracion Propia

- vi. Se realizó la simulación en el flow complement del solidworks, consideramos como fluido de trabajo al aire, nuestra simulación fue del tipo estacionaria, con las unidades en el SI, además de solo considerar como dominio computacional los elementos dentro del estacionamiento.

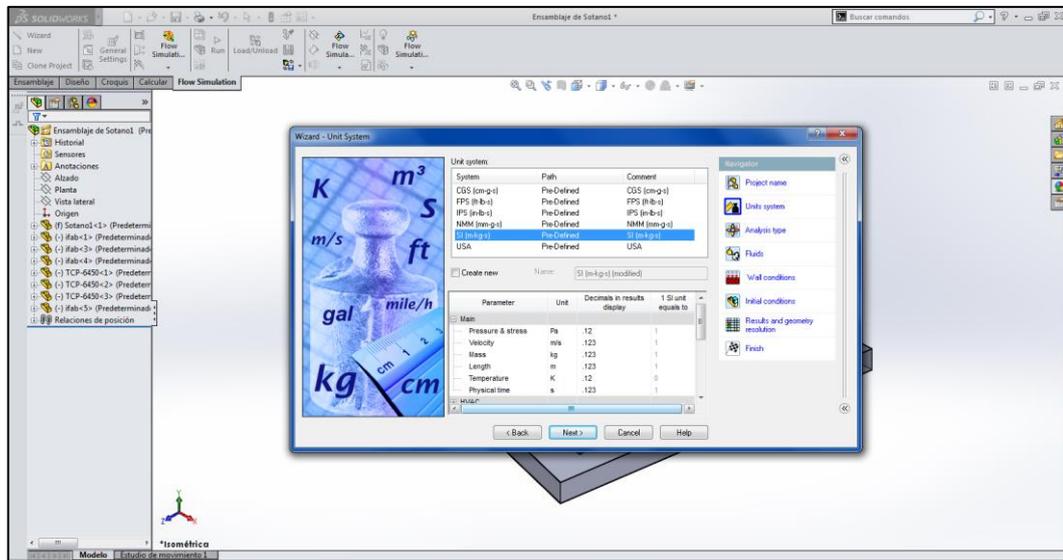
Figura N° 4.27.

CREACIÓN DEL MODELO EN EL FLOW COMPLEMENT



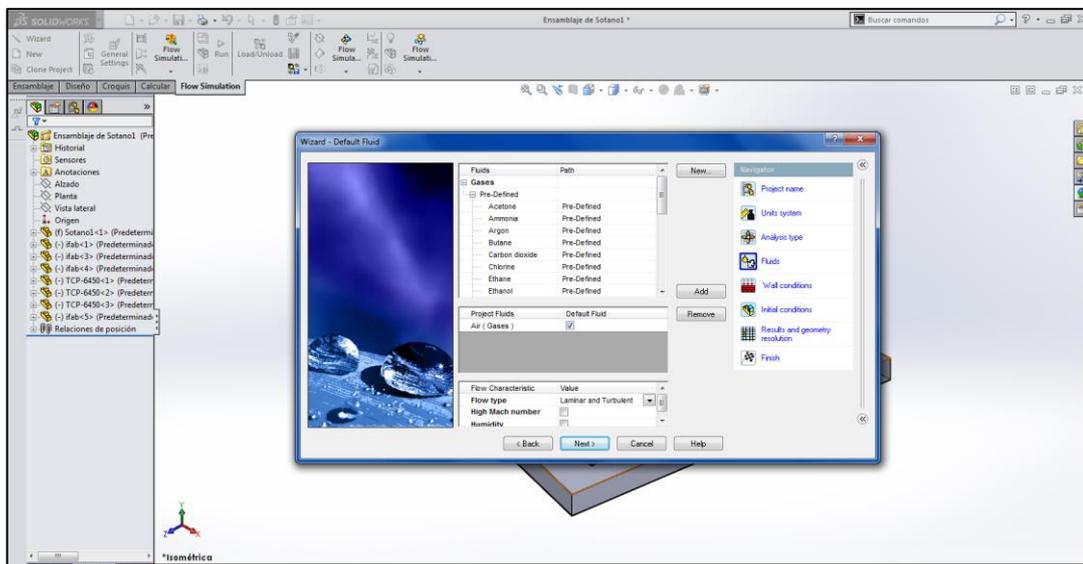
Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.28.
ASIGNACIÓN DE LAS UNIDADES EN EL SOFTWARE



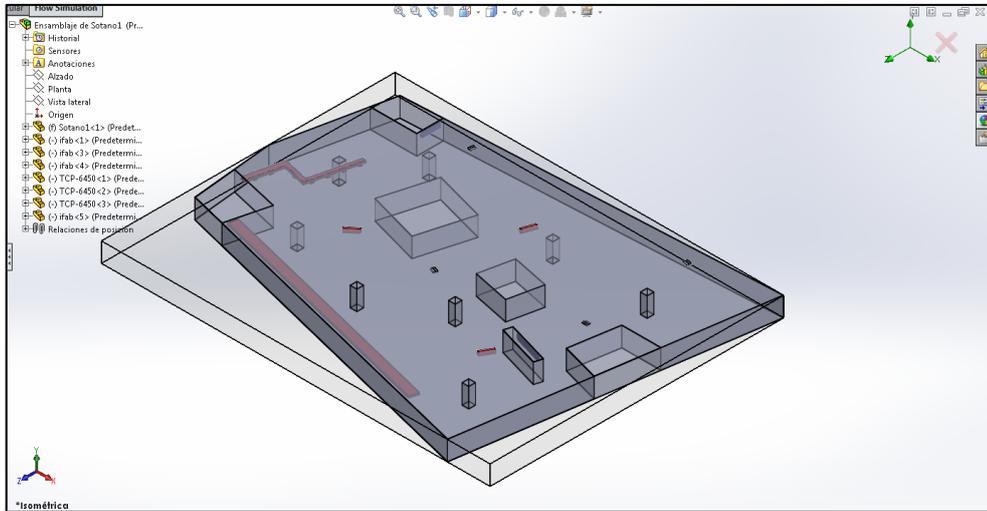
Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 4.29.
SELECCIÓN DEL AIRE COMO FLUIDO DE TRABAJO EN EL SOFTWARE



Fuente:Elaboracion Propia

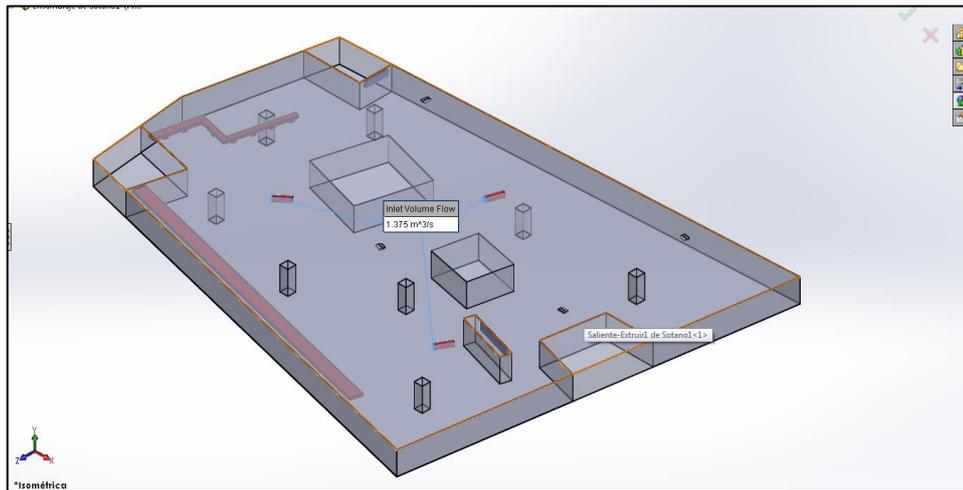
Figura N° 4.30.
MALLADO COMPUTACIONAL



Fuente:Elaboracion Propia

De los anexos 14 y 15 se pueden obtener los valores de los caudales para cada uno de los equipos, estos valores fueron ingresados en el software.

Figura N° 4.31.
ASIGNACIÓN DE LOS VALORES DE CAUDAL A LOS EQUIPOS

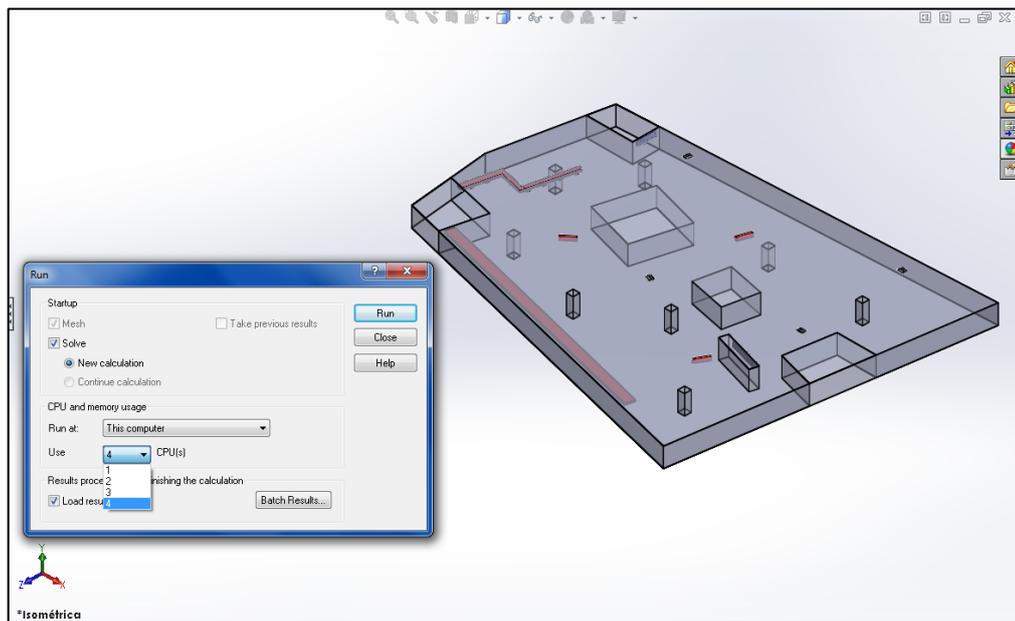


Fuente:Elaboracion Propia

- vii. Se procedio a realizar la simulación, tener presente que los resultados obtenidos y que se presentan en esta tesis son resultados de varias convergencias en particular para el primer sotano se obtuvo en la convergencia en el intento numero diez,para los otros niveles se obtuvo el resultado mas optimo en un numero diferente de intentos.

Figura N° 4.32.

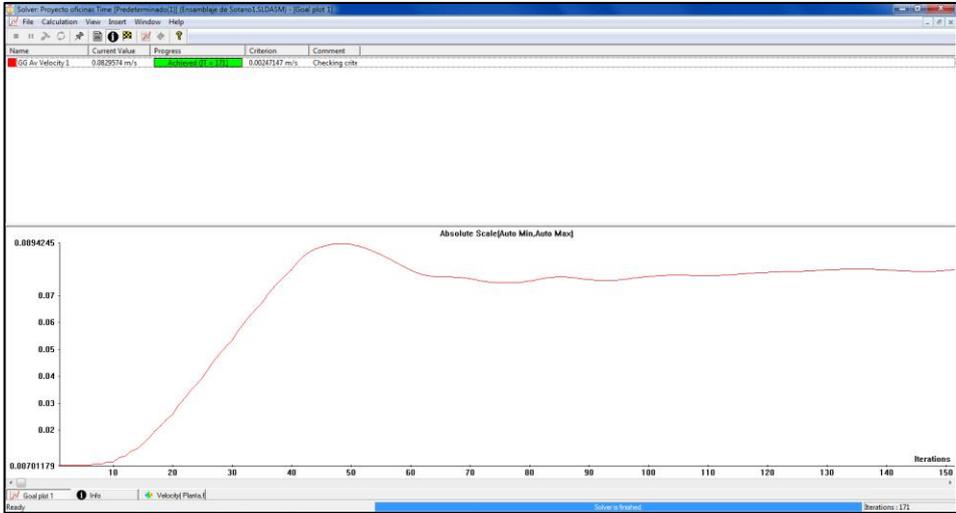
INICIO DEL PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente:Elaboracion Propia

Gráfico N° 4.1.

RESULTADOS DE LA CONVERGENCIA



Fuente:Elaboracion Propia

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

Se procedio a calular los caudales de extracción por las diferentes normativas anteriormente estudiadas, con el fin de compararlas y evaluar la más adecuada, en estos resultados se presenta la evaluación de los siete estacionamientos subterráneos.

Tabla N° 5.1.

CÁLCULO DE LOS CAUDALES POR DIFERENTES MÉTODOS

Calculo de los caudales de ventilacion	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7
	CFM						
CO, ASHRAE (CO generado)	6,105	8,464	9,019	9,019	9,019	9,019	9,435
UK BS 7346-7:2006 (CO)	19,596	15,376	15,313	15,313	15,313	15,313	16,019
NFPA 88-A	18,053	18,698	19,215	19,215	19,215	19,215	19,215
RNE (12 m3/hr x m2)	11,860	12,284	12,623	12,623	12,623	12,623	12,623
RNE (1Ren/hr x cada 12 minutos)	16,330	12,814	13,173	13,173	13,173	13,173	13,173

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.2.

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD INDUCIDA

Velocidad Inducida	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7
	m/seg						
CO, ASHRAE (CO generado)	0.100	0.135	0.143	0.143	0.143	0.143	0.157
UK BS 7346-7:2006 (CO)	0.250	0.245	0.250	0.250	0.250	0.250	0.263
NFPA 88-A	0.230	0.298	0.304	0.304	0.304	0.304	0.320
RNE (12 m3/hr x m2)	0.151	0.196	0.200	0.200	0.200	0.200	0.210
RNE (1Ren/hr x cada 12 minutos)	0.208	0.204	0.208	0.208	0.208	0.208	0.219

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.3.

Velocidad Inducida	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7	
	m/seg							
Velocidad recomendada min:	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	SEGÚN ASHRAE
Velocidad recomendada min:	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	SEGÚN S&P

VELOCIDADES INDUCIDAS RECOMENDADAS

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.4.

VENTILADORES DE IMPULSO UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

Equipo	Modelo	Empuje
Jet Fan 1:	TCP/6 450	18 N
Jet Fan 2:	IFAB-C	11 N

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.5.

SUPERFICIES NORMALES DE VENTILACIÓN PARA EL MODELO TCP 6/450

Superficie Normal de Ventilacion Modelo TCP/6 450	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7
	m2						
CO, ASHRAE (CO generado)	2884.6	1586.0	1417.8	1417.8	1417.8	1417.8	1167.6
UK BS 7346-7:2006 (CO)	461.5	480.6	461.5	461.5	461.5	461.5	416.0
NFPA 88-A	543.8	325.0	312.4	312.4	312.4	312.4	281.5
RNE (12 m3/hr x m2)	1260.0	753.0	723.7	723.7	723.7	723.7	652.3
RNE (1Ren/hr x cada 12 minutos)	461.5						

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.6.

SUPERFICIES NORMALES DE VENTILACIÓN PARA EL MODELO IFAB.

Superficie Normal de Ventilacion Modelo IFAB	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7
	m2						
CO, ASHRAE (CO generado)	1762.8	969.2	866.4	866.4	866.4	866.4	713.5
UK BS 7346-7:2006 (CO)	282.1	293.7	282.1	282.1	282.1	282.1	254.2
NFPA 88-A	332.3	198.6	190.9	190.9	190.9	190.9	172.1
RNE (12 m3/hr x m2)	770.0	460.1	442.3	442.3	442.3	442.3	398.6
RNE (1Ren/hr x cada 12 minutos)	282.1						

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.7.

CANTIDAD DE JET FANS DEL MODELO TCP 6/450

Cantidad de equipos modelo: TCP/6 450	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7
	Und						
CO, ASHRAE (CO generado)	0.58	1.10	1.26	1.26	2.06	1.26	1.530
UK BS 7346-7:2006 (CO)	3.64	3.62	3.87	3.87	6.33	3.87	4.293
NFPA 88-A	3.09	5.35	5.72	5.72	9.36	5.72	6.344
RNE (12 m3/hr x m2)	1.33	2.31	2.47	2.47	4.04	2.47	2.738
RNE (1Ren/hr x cada 12 minutos)	3.64	3.77	3.87	3.87	3.87	3.87	3.870

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.8.

CANTIDAD DE JET FANS DEL MODELO IFAB.

Cantidad de equipos modelo: IFAB	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7
	Und						
CO, ASHRAE (CO generado)	0.95	1.79	2.06	2.06	2.06	2.06	2.503
UK BS 7346-7:2006 (CO)	5.95	5.92	6.33	6.33	6.33	6.33	7.026
NFPA 88-A	5.05	8.75	9.36	9.36	9.36	9.36	10.380
RNE (12 m3/hr x m2)	2.18	3.78	4.04	4.04	4.04	4.04	4.480
RNE (1Ren/hr x cada 12 minutos)	5.95	6.16	6.33	6.33	6.33	6.33	6.332

Fuente:Elaboracion propia

5.2. Resultados Inferenciales

Presentamos las características particulares que tendrán en cuanto a la cantidad de equipos los siete estacionamientos subterráneos además de la verificación mediante la dinámica de fluidos computacional.

Tabla N° 5.9.

CAUDALES Y VENTILADORES FINALES DE IMPULSIÓN SELECCIONADOS

Calculo de los caudales	SÓTANO 1	SÓTANO 2	SÓTANO 3	SÓTANO 4	SÓTANO 5	SÓTANO 6	SÓTANO 7
Inyeccion (CFM)	13,881	10,892	11,197	11,197	11,197	11,197	11,197
Extraccion (CFM)	16,330	12,814	13,173	13,173	13,173	13,173	13,173
Jet Fans TCP/6 450 (und)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Jet Fans IFAB (und)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.10.

CAUDALES Y CAÍDAS DE PRESIÓN DE INYECCIÓN FINALES DEL PROYECTO

INYECCIÓN DE AIRE				
Nivel	Caudal Total	Caída de presión	Cantidad de Equipos	Caudal Unitario
Sótano 1	13,881 CFM	Ingreso de aire por la rampa y tomas de aire fresco		
Sótano 2	10,892 CFM	0.3 in.ca	3	3,631 CFM
Sótano 3	11,197 CFM	0.3 in.ca	3	3,732 CFM
Sótano 4	11,197 CFM	0.3 in.ca	3	3,732 CFM
Sótano 5	11,197 CFM	0.3 in.ca	3	3,732 CFM
Sótano 6	11,197 CFM	0.3 in.ca	3	3,732 CFM
Sótano 7	11,197 CFM	0.3 in.ca	3	3,732 CFM

Fuente:Elaboracion propia

Tabla N° 5.11.

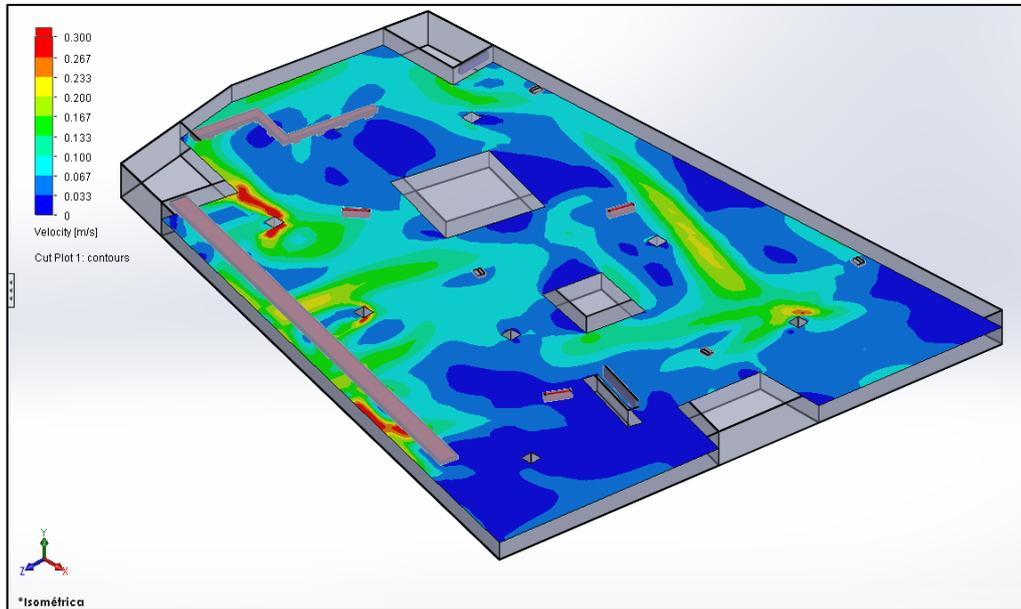
CAUDALES Y CAÍDAS DE PRESIÓN DE EXTRACCIÓN FINALES DEL PROYECTO

EXTRACCIÓN DE AIRE				
Nivel	Caudal Total	Caída de presión	Cantidad de Equipos	Caudal Unitario
Sótano 1	16,330 CFM	0.600 in.ca	1	16,330 CFM
Sótano 2	12,814 CFM	0.600 in.ca	1	12,814 CFM
Sótano 3	13,173 CFM	0.600 in.ca	1	13,173 CFM
Sótano 4	13,173 CFM	0.600 in.ca	1	13,173 CFM
Sótano 5	13,173 CFM	0.600 in.ca	1	13,173 CFM
Sótano 6	13,173 CFM	0.600 in.ca	1	13,173 CFM
Sótano 7	13,173 CFM	0.600 in.ca	1	13,173 CFM

Fuente:Elaboracion propia.

Figura N° 5.1.

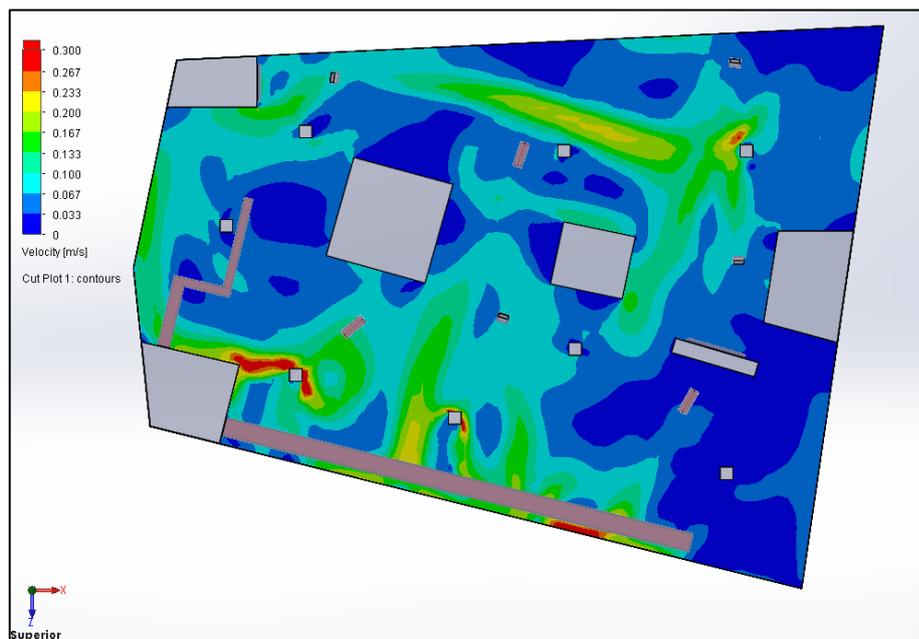
VISTA ISOMÉTRICA DEL PERFIL DE VELOCIDADES EN EL SÓTANO 1



Fuente:Elaboracion Propia

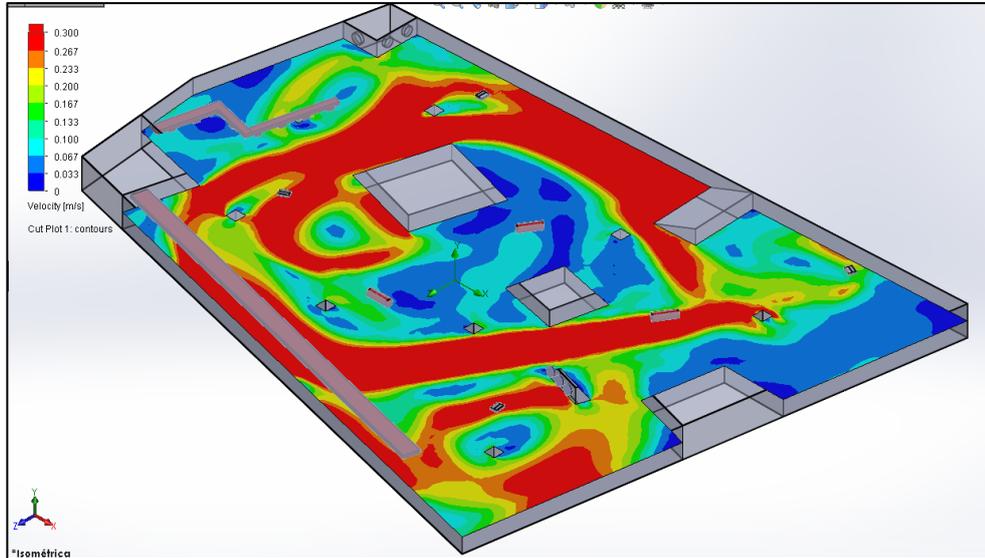
Figura N° 5.2.

VISTA DE PLANTA DEL PERFIL DE VELOCIDADES EN EL SÓTANO 1



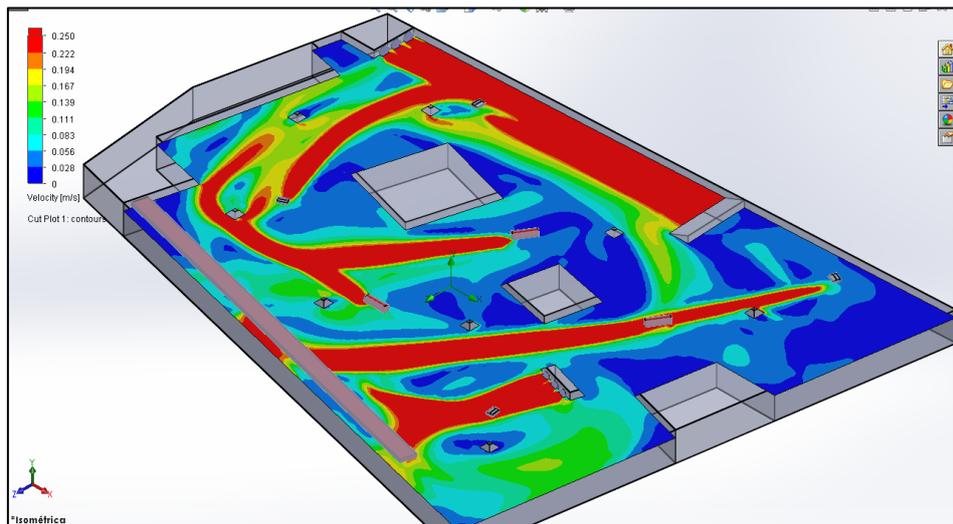
Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 5.3.
VISTA ISOMÉTRICA DEL PERFIL DE VELOCIDADES EN EL SÓTANO 2



Fuente:Elaboracion Propia

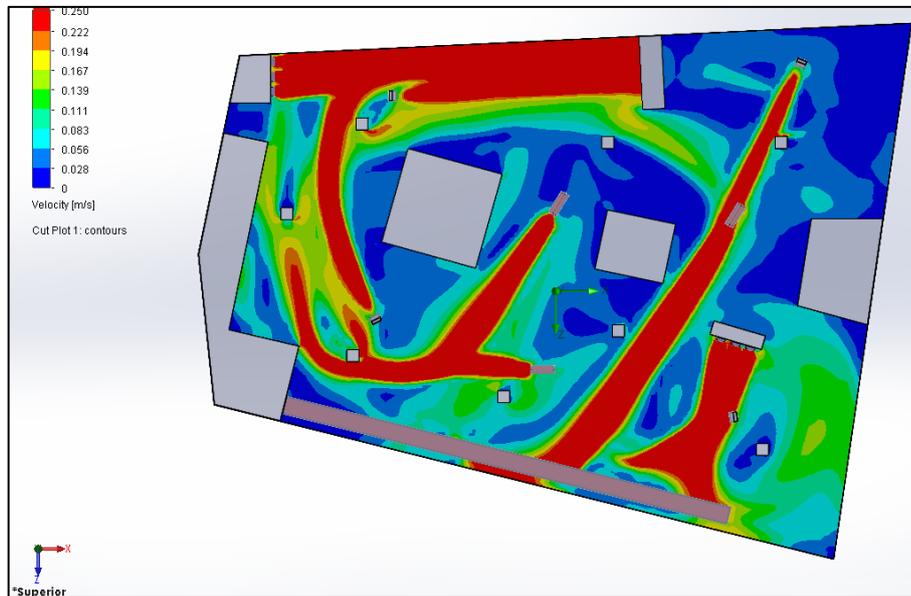
Figura N° 5.4.
VISTA ISOMÉTRICA DE VELOCIDADES EN EL SÓTANO 3 AL 7



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 5.5.

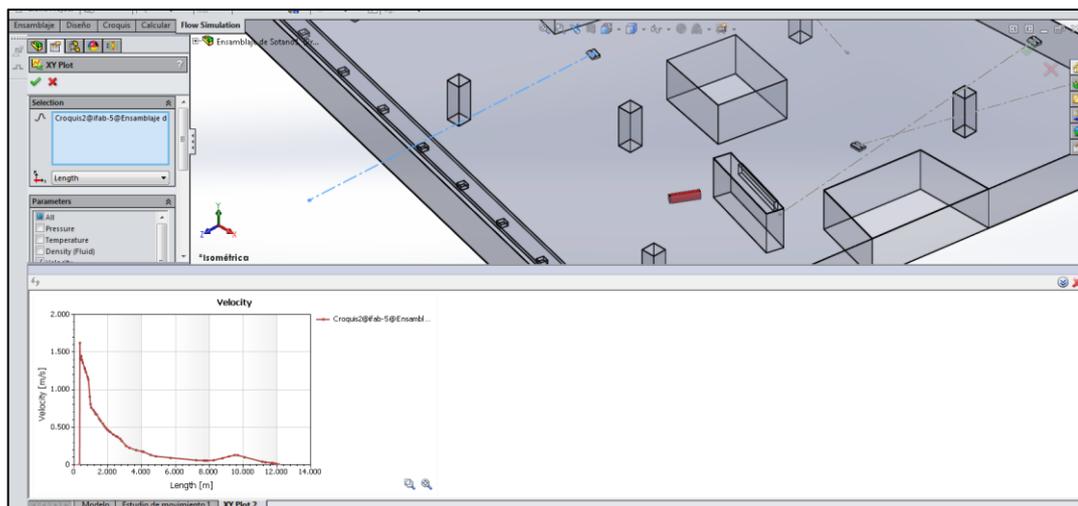
VISTA DE PLANTA DEL PERFIL DE VELOCIDADES DEL SÓTANO 3 AL 7



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 5.6.

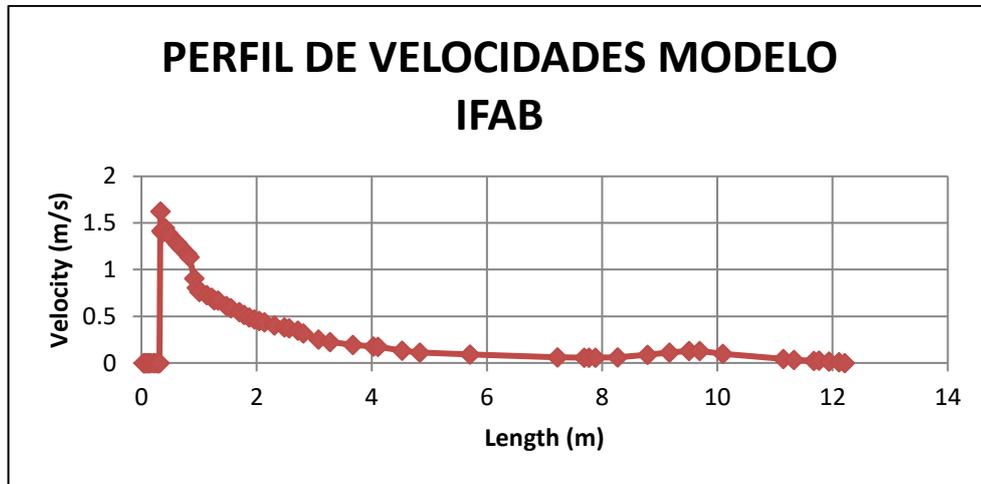
TRAYECTORIA ESTIMADA DEL DARDO DEL VENTILADOR DE IMPULSO IFAB EN EL SÓTANO 1



Fuente:Elaboracion Propia

Gráfico N° 5.1.

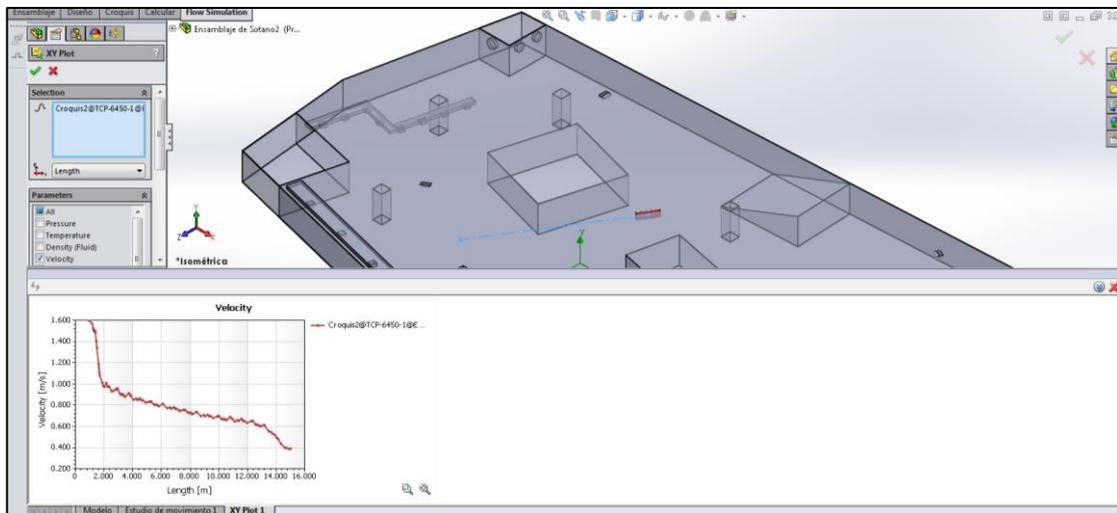
PERFIL DE VELOCIDADES DEL MODELO IFAB EN EL SÓTANO 1



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 5.7.

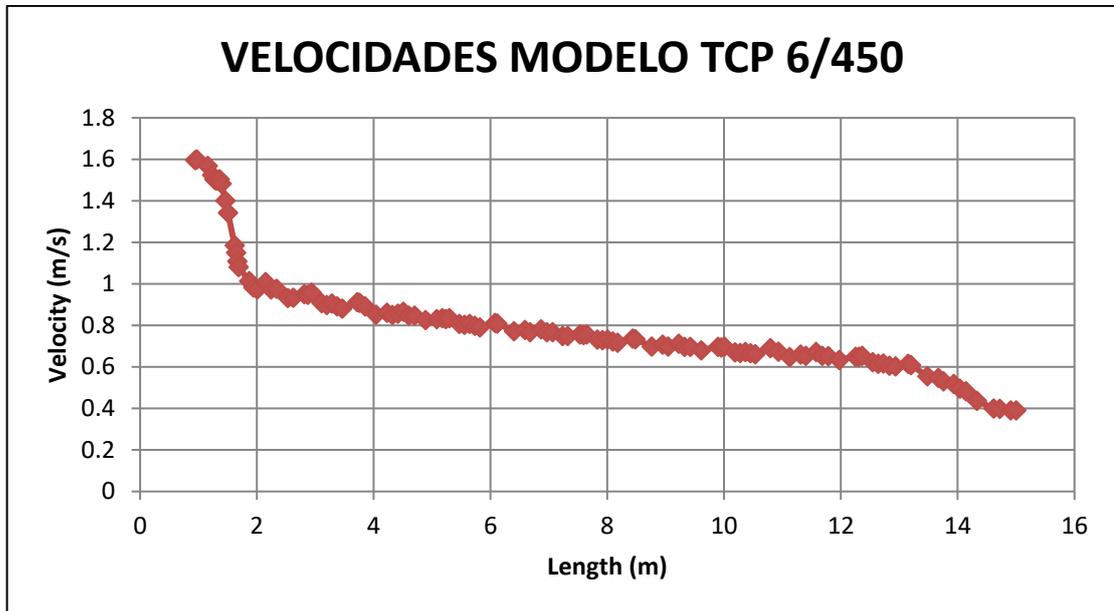
TRAYECTORIA ESTIMADA DEL DARDO DEL VENTILADOR DE IMPULSO TCP 6/450 EN SÓTANO 2



Fuente:Elaboracion Propia

Gráfico N° 5.2.

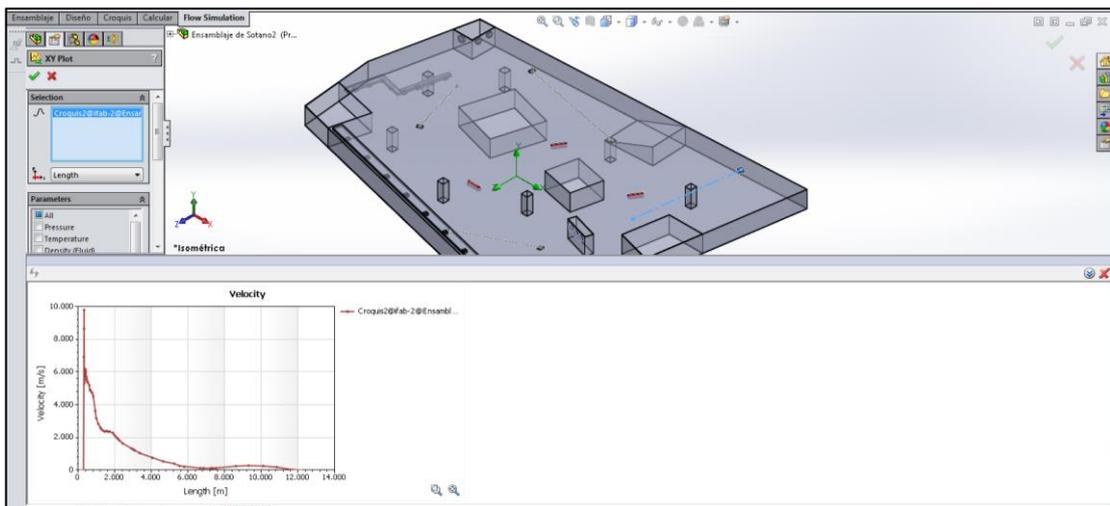
PERFIL DE VELOCIDADES DEL MODELO TCP 6/450 EN EL SÓTANO 2



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 5.8.

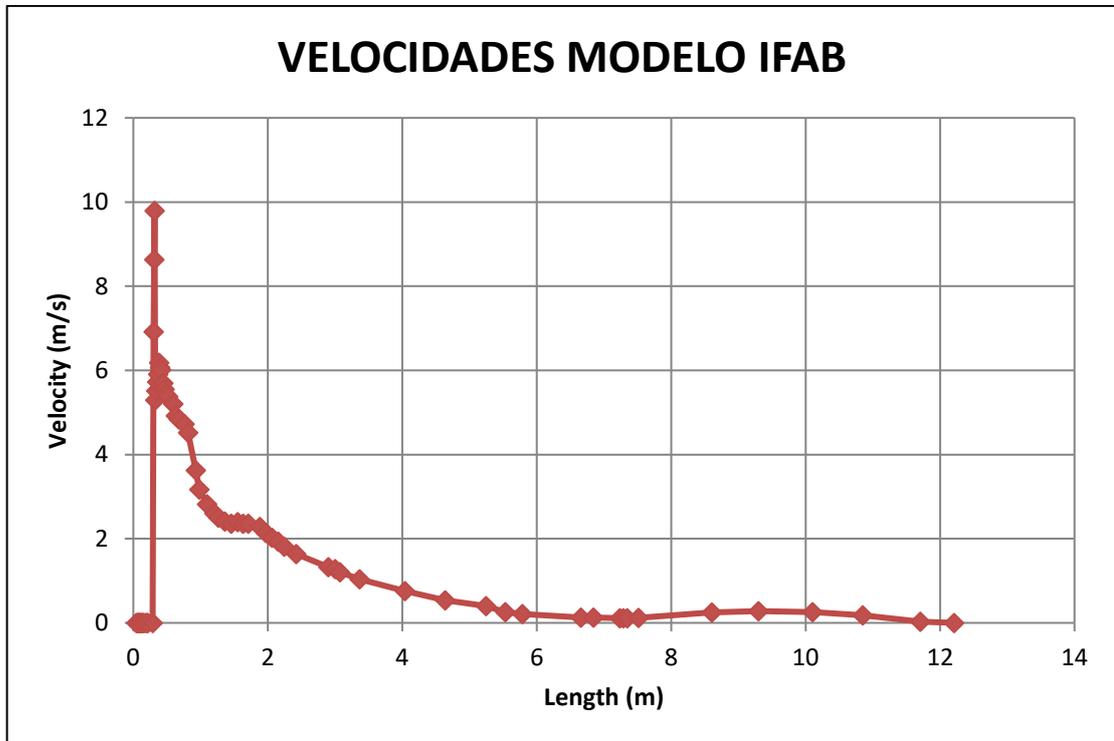
TRAYECTORIA ESTIMADA DEL DARDO DEL VENTILADOR DE IMPULSO IFAB EN EL SÓTANO 2



Fuente:Elaboracion Propia

Gráfico N° 5.3.

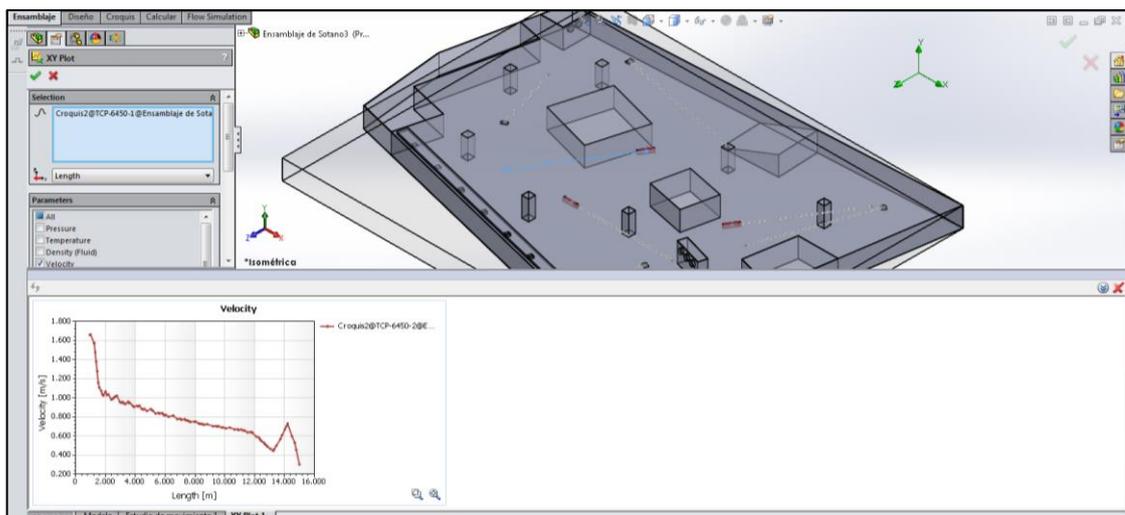
PERFIL DE VELOCIDADES DEL MODELO IFAB EN EL SÓTANO 2



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 5.9.

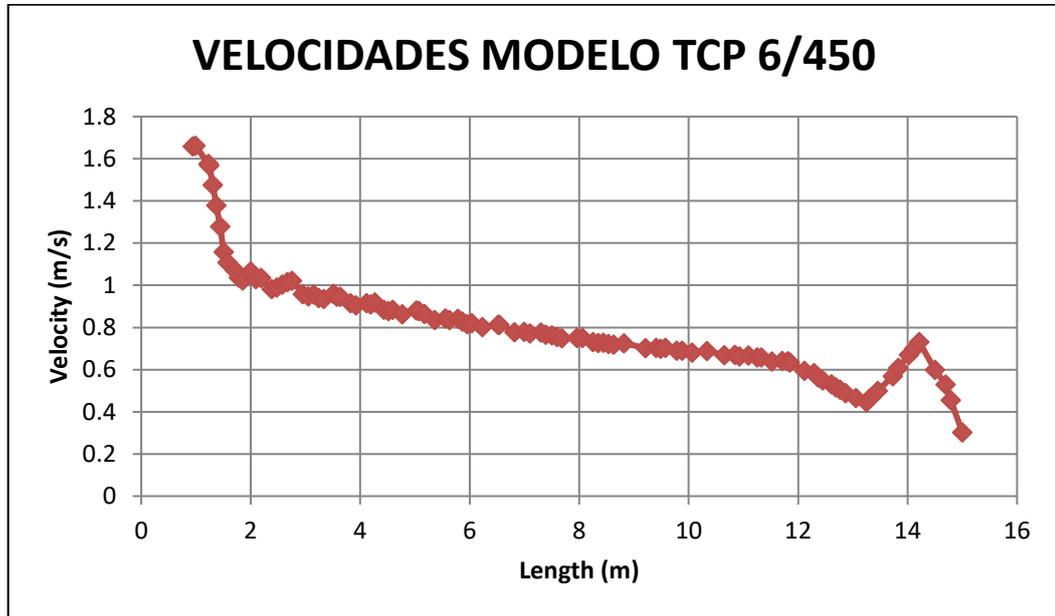
TRAYECTORIA ESTIMADA DEL DARDO DEL VENTILADOR DE IMPULSO TCP 6/450 DEL SÓTANO 3 AL 7



Fuente:Elaboracion Propia

Gráfico N° 5.4.

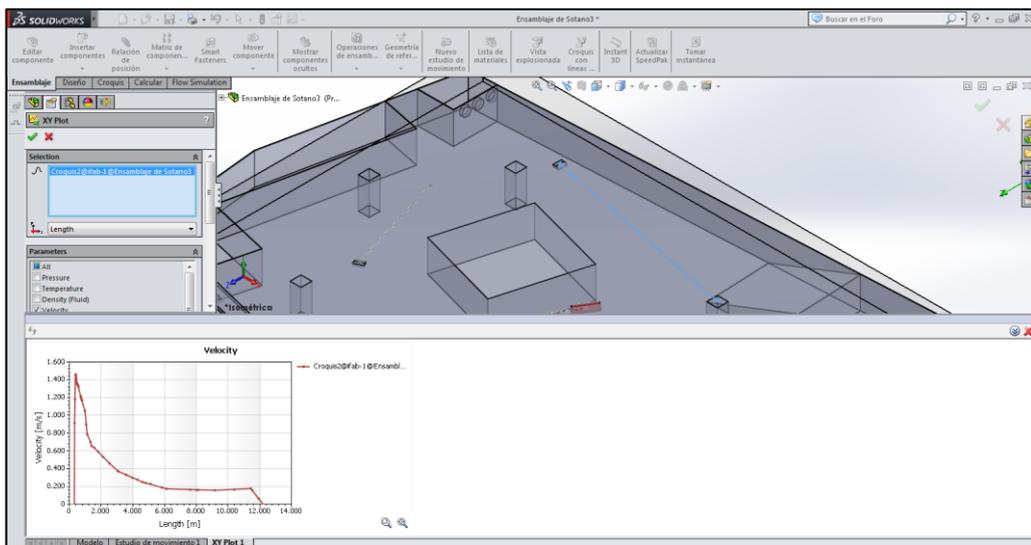
PERFIL DE VELOCIDADES DEL MODELO TCP/6450 DEL SÓTANO 3 AL SÓTANO 7



Fuente:Elaboracion Propia

Figura N° 5.10.

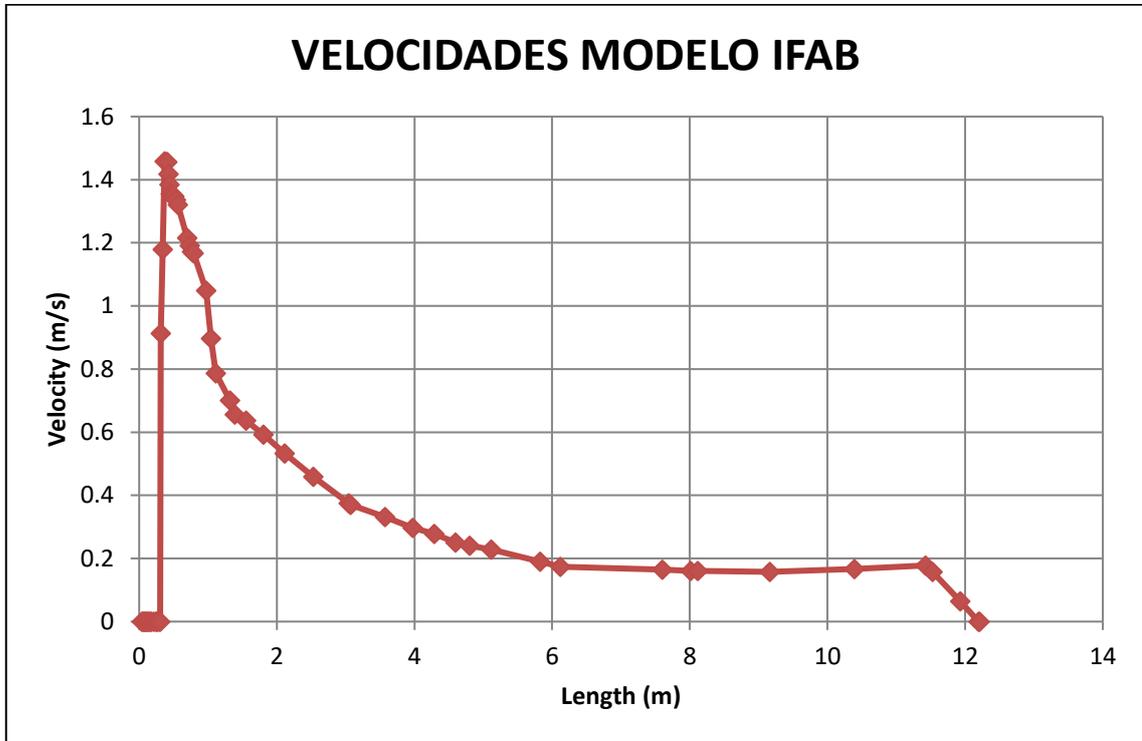
TRAYECTORIA ESTIMADA DEL DARDO DEL VENTILADOR DE IMPULSO IFAB DEL SÓTANO 3 AL 7



Fuente:Elaboracion Propia

Gráfico N° 5.5.

PERFIL DE VELOCIDADES DEL MODELO IFAB DEL SÓTANO 3 AL SÓTANO 7



Fuente:Elaboracion Propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Constrastacion y demostracion de la hipótesis con los resultados

- ✚ Se comprobó que con el sistema de ventilacion mecanica adecuado para la extracción de gases cintaminantes se mejora la calidad del aire dentro de los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas TIME.
- ✚ Se comprobó que el caudal de renovación calculado nos permite mantener la concentracion de monóxido de carbono en su limite permisible.
- ✚ Se comprobó que con el diseño de ductos de extracción y la cuantificación de los ventiladores de impulso jet fans se puede guiar adecuadamente el aire contaminado hacia al exterior.
- ✚ Se comprobó que con la correcta selección de los equipos y accesorios se garantiza un adecuado funcionamiento del sistema.
- ✚ Se comprobó que con la simulación CFD se garantizo un adecuado intercambio entre el aire puro y el contaminado.

6.2. Constrastacion de los resultados con otros estudios similares.

- ✚ En contraste con Marcial Valladares, Yampier Alberto, de la Universidad Tecnológica del Perú, el cual considera que el diseño de los sistemas de ventilacion mecánica mediante ductos de extracción es el más adecuado, sin embargo en esta investigación se comprobó que el sistema mediante jet fans genera menor caída de presion en los

equipos, generando un ahorro de energía y una mejor distribución del aire.

- ✚ De acuerdo con Remon Zavaleta, Mauro, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, han realizado los cálculos de los diseños de ductos con el método de igual fricción, sin embargo en el presente informe vemos por conveniente que el diseño por el método de velocidad es el más adecuado desde el punto de vista energético
- ✚ En contraste con Cando Veintimilla, Victor. De la Universidad Politécnica Salesiana, para la comprobación de los resultados utilizo el software Autodesk Flow simulation, sin embargo en la presente investigación se optó por el módulo de Fluidos del software Solidworks, el cual es el más apropiado para este tipo de investigación y el cual asegura el tamaño de la malla y el número de iteración de acuerdo a la gráfica de velocidades del aire en los estacionamientos
- ✚ De acuerdo con Marin Tovar, Carlos. De la Universidad San Francisco de Quito, que realiza la simulación con jet fans del tipo hexagonales y sin ductos de extracción se logra obtener buenos valores de movimiento del aire pero en un periodo más largo de tiempo, sin embargo en nuestra investigación generamos la simulación CFD con una combinación de equipos de ventilación mecánica y equipos jet fans además de sistema de distribución de ductos de monóxido, que garantiza un buen movimiento del aire en menor tiempo.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El presente trabajo es una tesis inédita, y se asume toda la responsabilidad de comprobarse que no es así, bajo los estándares de los reglamentos de la Universidad Nacional del Callao.

CONCLUSIONES:

- ✚ El diseño del caudal por el reglamento nacional de edificaciones considera un caudal de mayor valor, comparado con otros reglamentos internacionales y es el mas adecuado
- ✚ El diseño del sistema de ducteria mediante el método de velocidad constante genera ductos de ventilacion de menor espesor de plancha, generando un ahorro de energía, que junto con la buena prestación de caudal de los equipos jet fans, logran una adecuada dilucion de la concentracion de monóxido de carbono.
- ✚ Al seleccionar de manera correcta, los dampers, las rejillas y el variador de velocidad se logra un buen funcionamiento del sistemas en diferentes escenarios de exigencia por parte del usuario.
- ✚ La simulación CFD de los sistemas ayuda de gran manera a predecir el movimiento del aire dentro del estacionamiento y además de optimizar la ubicación de los equipos para garantizar dicho movimiento.

RECOMENDACIONES:

- ✚ Realizar el cálculo de la renovación de aire por el método del reglamento nacional de edificaciones.
- ✚ Calcular los ductos de extracción de monóxido con una velocidad de 12 m/s como máximo y dimensionar el número de jet fans bajo el criterio de las áreas de ventilación.
- ✚ Seleccionar equipos tubulares para la extracción de aire contaminado y para los puntos de aporte mecánico, utilizar equipos axiales, que no permiten un ahorro de espacio y de energía en los estacionamientos subterráneos.
- ✚ Utilizar un software adecuado para realizar la simulación de la dinámica de fluido computacional, esta debe estar siempre de la mano con los fabricantes que aseguran el comportamiento de los equipos bajo ciertos escenarios que en la mayoría de los casos no son conocidos por los proyectistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✚ ASHRAE. HVAC Applications. Atlanta, Editorial ASHRAE, Inc. 2013.
- ✚ ASHRAE. HVAC Fundamentals. Atlanta, Editorial ASHRAE, Inc. 2013.
- ✚ CARRASCO DIAZ, Sergio. Metodología de la Investigación Científica: Pautas Metodológicas para Diseñar y Elaborar el Proyecto de Investigación. Segunda Edición. Lima. Editorial San Marcos E.I.R.L. 2008.120 pp.
ISBN:205197488
- ✚ ESPINOZA, Ciro. Metodología de la Investigación Tecnológica. Huancayo, Editorial Imagen Gráfica S.A.C. Primera Edición, 2010.220 pp.
ISBN: 978-612-00-1667-1
- ✚ CARRIER Air Conditioning Company. Manual de Aire Acondicionado. Quinta Edición. Nueva York. Editorial MARCOMBO, S.A. de Boixareu Editores.1980.220 pp.
ISBN:2298556
- ✚ MARCIAL Valladares, Yampier Alberto. Diseño de un sistema de ventilación mecánica para asegurar la concentración permisible de monóxido de carbono en el estacionamiento subterráneo del edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la República. Informe de Suficiencia Profesional (Ingeniero Mecánico).Lima: Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería, 2019. 222 pp.
Disponible en <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2110>.

- ✚ SALAZAR Mera, Esvin. Diseño de un sistema de ventilación con detección de monóxido de carbono (CO) para sótanos de estacionamientos de un edificio multifamiliar. Examen de Suficiencia (Ingeniero Mecánico Electricista). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2017. 121 pp.
Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2243>.

- ✚ REMON Zavaleta, Mauro. Sistema de extracción de monóxido de carbono para estacionamientos en los sótanos del edificio corporativo Panorama. Monografía de grado (Ingeniero Mecánico de Fluidos). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, 2016. 76 pp.
Disponible en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5305>

- ✚ CANDO Veintimilla, Víctor. Diseño de un sistema de ventilación con control automático en bodega de almacenamiento de productos balanceados. Tesis (Ingeniero Mecánico). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2015. 83 pp.
Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9251>.

- ✚ ARENAS Moreno, Laura. Diseño del sistema de ventilación y protección contra incendios de un aparcamiento subterráneo. Proyecto fin de carrera (Ingeniero Mecánico) España: Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería, 2013. 172 pp.
Disponible en <http://hdl.handle.net/10016/17026>

- ✚ MARIN Tovar, Carlos. Diseño de un sistema de ventilación mediante CFD. Tesis (Ingeniero Mecánico). Quito: Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingenierías, 2013. 102 pp.
Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2486>

ANEXOS:

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA:

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><u>Problema General:</u></p> <p>¿Cómo diseñar el sistema de ventilación mecánica adecuado para la extracción de los gases contaminantes que permitirá mejorar la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas Time?</p>	<p><u>Objetivo general:</u></p> <p>Diseñar un sistema de ventilación mecánica adecuado para la extracción de los gases contaminantes que permitirá mejorar la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas Time.</p>	<p><u>Hipótesis general:</u></p> <p>Con el diseño del sistema de ventilación mecánica para la extracción de gases contaminantes se mejorara la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos del edificio de oficinas Time</p>	<p><u>Variable independiente:</u> Sistema de ventilación mecánica</p> <p><u>Dimensión:</u></p> <p>X1: Cálculo del caudal para la renovación del aire.</p> <p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de los estacionamientos subterráneos (Area de Ventilacion). • Condiciones ambientales. • Estándares ASHRAE y del RNE. 	<p><u>Tipo de investigación:</u></p> <p>El presente informe de tesis es una investigación de tipo tecnológica y de nivel aplicado pues se aplican conocimientos científicos obtenidos en el área de estudios específicos de ciencias e ingeniera de termo-fluidos.</p>
<p><u>Problemas específicos:</u></p> <p>P1 ¿Cómo calcular el caudal de renovación para asegurar que la concentración de monóxido de carbono no sobrepase su limite permisible?.</p> <p>P2 ¿De que manera el diseño de los ductos de extracción y la cuantificación de los ventiladores de impulso pueden guiar adecuadamente el aire contaminado hacia el exterior?.</p> <p>P3 ¿De que manera una correcta selección de los equipos y accesorios permitirán un buen funcionamiento del sistema de ventilación mecánica?.</p> <p>P4. ¿Cuál será el costo de inversión de la implemetacion del sistema de ventilación mecánica para el propietario del edificio ?.</p>	<p><u>Objetivos específicos:</u></p> <p>O1. Calcular el caudal de renovacion para asegurar que la concentración de monóxido de carbono no sobrepase su limite permisible..</p> <p>O2. Diseñar los ductos de extracción y cuantificar los ventiladores de impulso de manera correcta para guiar adecuadamente el aire contaminado hacia el exterior</p> <p>O3. Seleccionar de manera correcta los equipos y accesorios que permitirán un buen funcionamiento del sistema de ventilación mecánica.</p> <p>O4. Determinar el costo de inversión del implemetacion del sistema de ventilación mecánica para el propietario del edificio.</p>	<p><u>Hipótesis específicas:</u></p> <p>H1. Con el calculo del caudal de renovación se asegurara que la concentracion de monóxido de carbono no sobrepase su limite permisible.</p> <p>H2. El diseño de los ductos para la extracción y el numero correcto de ventiladores de impulso podrán guiar el aire contaminado hacia el exterior.</p> <p>H3. Una correcta selección de los equipos y accesorios permitirán un buen funcionamiento del sistema de ventilación.</p> <p>H4. El costo de inversión del sistema de ventilación mecánica no representa una gran inversion para el propietario del edificio.</p>	<p><u>Variable dependiente:</u> Mejorar la calidad del Aire:</p> <p><u>Dimensión:</u> Y1: Monoxido de Carbono (ppm)</p> <p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Selección de los ventiladores • Caídas de presión originadas por los ductos y dampers. <p><u>Variable dependiente:</u> Mejorar la calidad del Aire:</p> <p><u>Dimensión:</u> Y1: Monoxido de Carbono (ppm)</p> <p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentracion de Monoxido de Carbono (ppm). • Ubicación y cantidad de los Sensores de Monoxido <p><u>Dimensión:</u> Y2: Tiempode evacuación del monóxido de carbono (CO)</p> <p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Simulacion CFD que optimiza la ubicación de los equipos reduciendo el tiempo de dilución de la concetracion de monoxido 	<p><u>Diseño de la investigación:</u></p> <p>El presente informe de tesis tiene un diseño no experimental puesto que para el diseño del sistema de aire acondicionado no se manipularon las variables, sino que se presenta la situación como tal y se realizó el estudio necesario en base al fenómeno como se da.</p> <p><u>Metodo de Investigacion:</u> El método de investigación usado en esta investigación es el Método Analítico, porque en este método se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado.</p>

ANEXO 2. INSTRUMENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCION EN ESTACIONAMIENTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MECANICA Y ENERGIA
ESCUELA DE MECANICA Y ENERGIA

Instrumento de Medición: (LISTA DE COTEJO)

Diseño de Sistema de Ventilacion de Estacionamientos		VALOR	
		SI	NO
1.-	Analisis de Extraccion de Monoxido o de Control de Humos.		
2.-	Requiere un diseño de ductos en su sistema.		
4.-	Requiere uso de jet fans en su sistema.		
5.-	Ventiladores de procedencia americana.		
6.-	Seguir la RNE (Reglamento Nacional de Edificcaciones).		
7.-	.Seguir la norma britanica BS746.		
8.-	Aporte de aire natural.		
9.-	Aporte de aire del tipo mecanico.		
10.-	La altura del estacionamiento es mayor de 2.7 mts.		
11.-	Requiere el uso de dampers manuales		
12.-	Requiere el uso de dampers motorizados		

ANEXO 3: PLANO DEL SÓTANO 1-PARTE 1

4 rejillas de 20"x20"

4 rejillas de 20"x20"

4 rejillas de 20"x20"

4 rejillas de 20"x20"

N.º DE ELEMENTO	MODELO DE VENTILADOR	CANTIDAD
1	ifab S&P	4
2	TCP-6450 S&P	3
3	TDB S&P	1

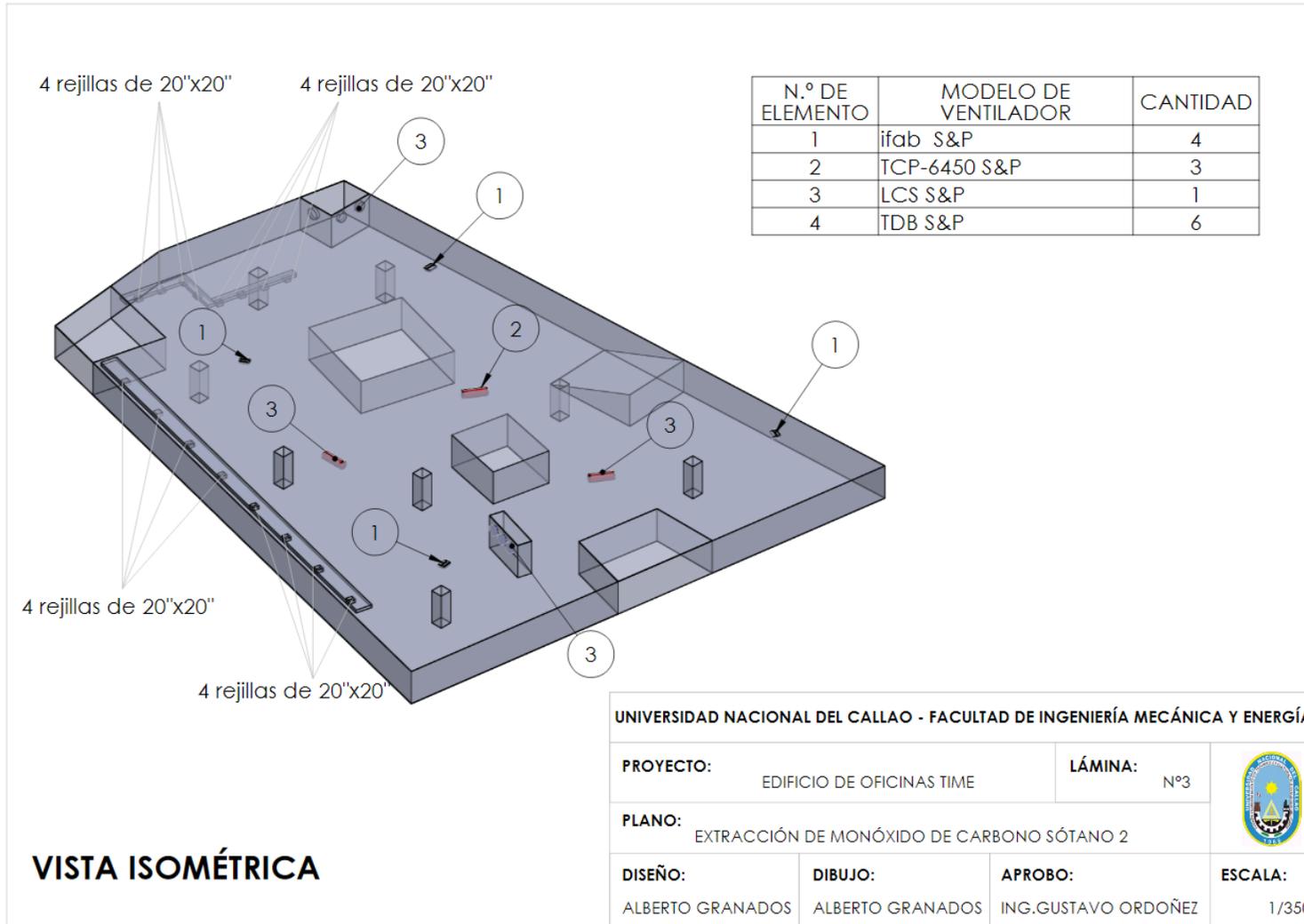
VISTA ISOMÉTRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO - FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA			
PROYECTO: EDIFICIO DE OFICINAS TIME		LÁMINA: N°1	
PLANO: EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO SÓTANO 1			
DISEÑO: ALBERTO GRANADOS	DIBUJO: ALBERTO GRANADOS	APROBO: ING.GUSTAVO ORDOÑEZ	ESCALA: 1/350

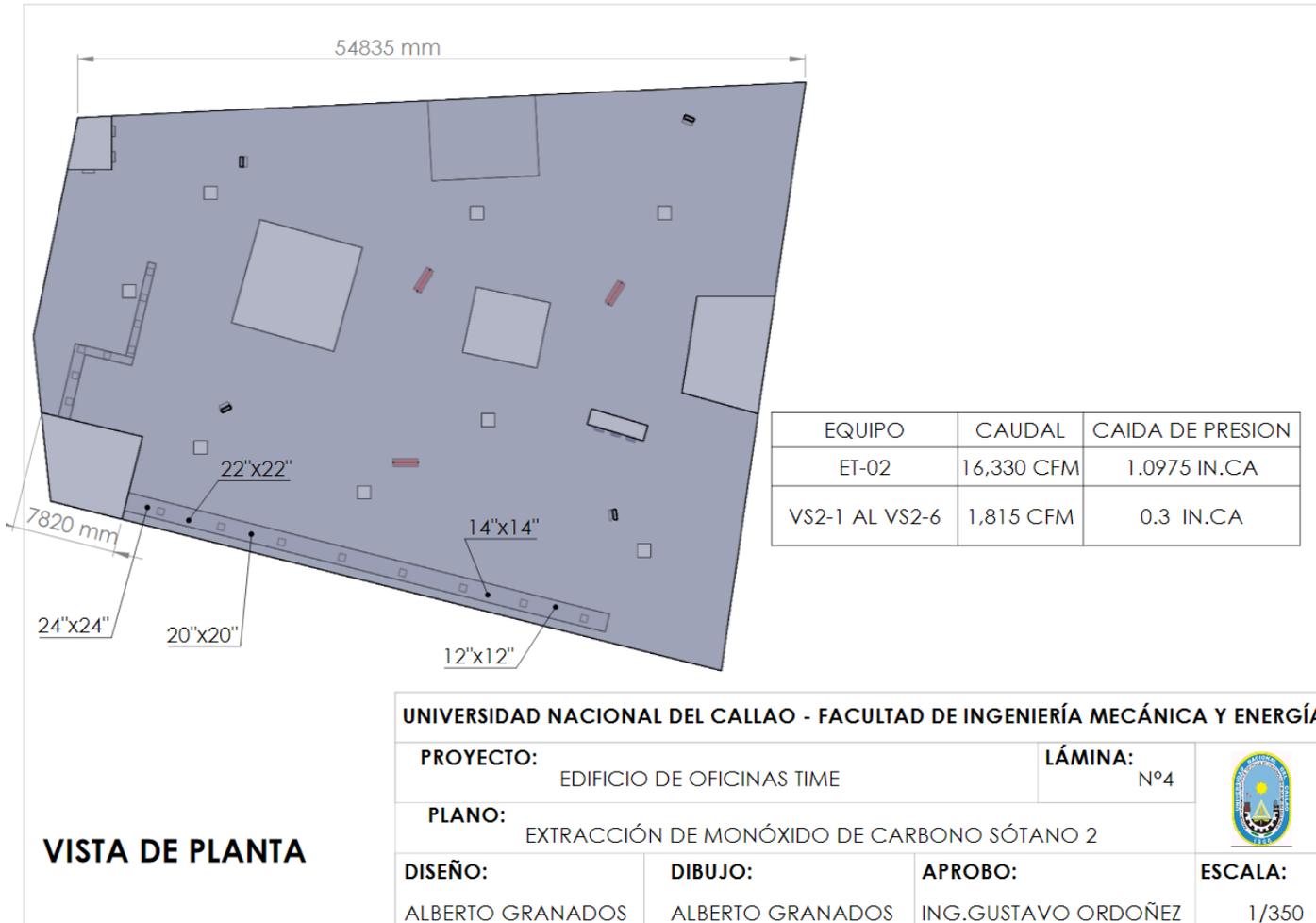
ANEXO 4 PLANO DEL SÓTANO 1-PARTE 2



ANEXO 5. PLANO DEL SÓTANO 2-PARTE 1



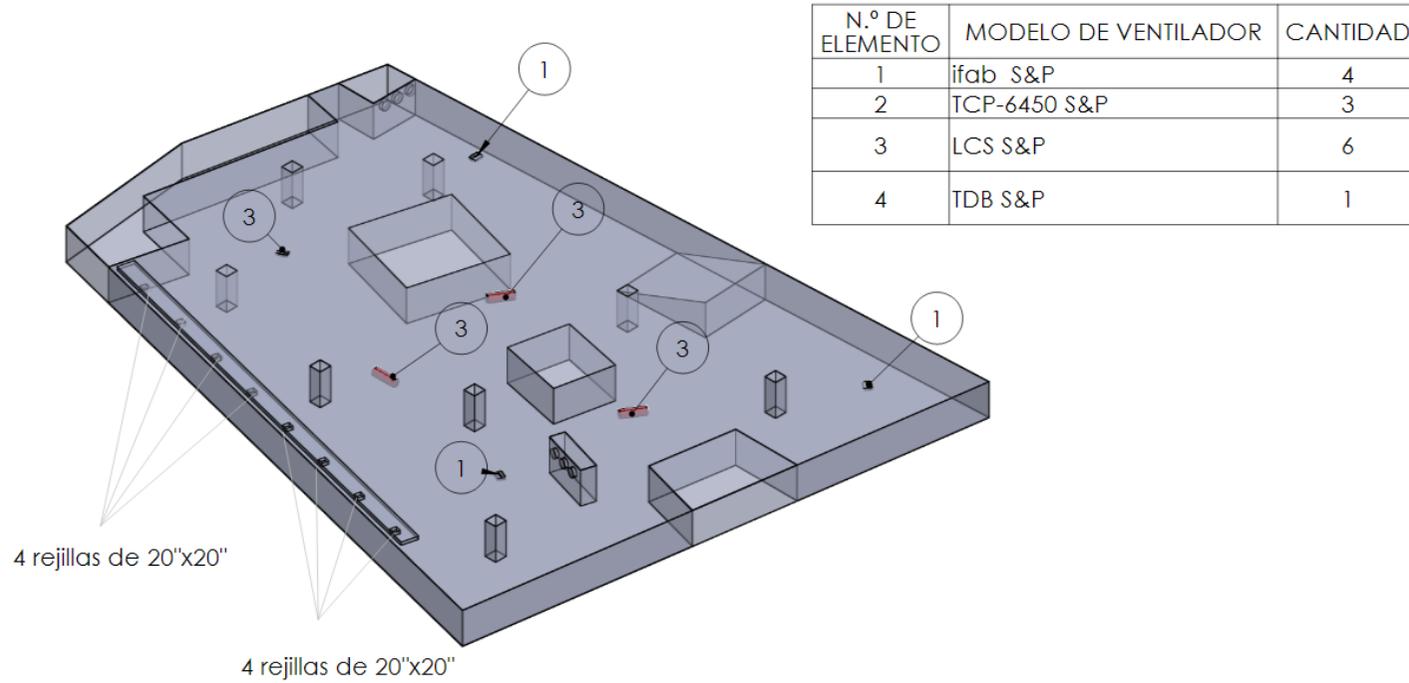
ANEXO 6: PLANO DEL SOTANO 2-PARTE 2



VISTA DE PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO - FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA			
PROYECTO: EDIFICIO DE OFICINAS TIME		LÁMINA: Nº4	
PLANO: EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO SÓTANO 2			
DISEÑO: ALBERTO GRANADOS	DIBUJO: ALBERTO GRANADOS	APROBO: ING.GUSTAVO ORDOÑEZ	ESCALA: 1/350

ANEXO 7: PLANO DEL SÓTANO 3 AL 7-PARTE 1

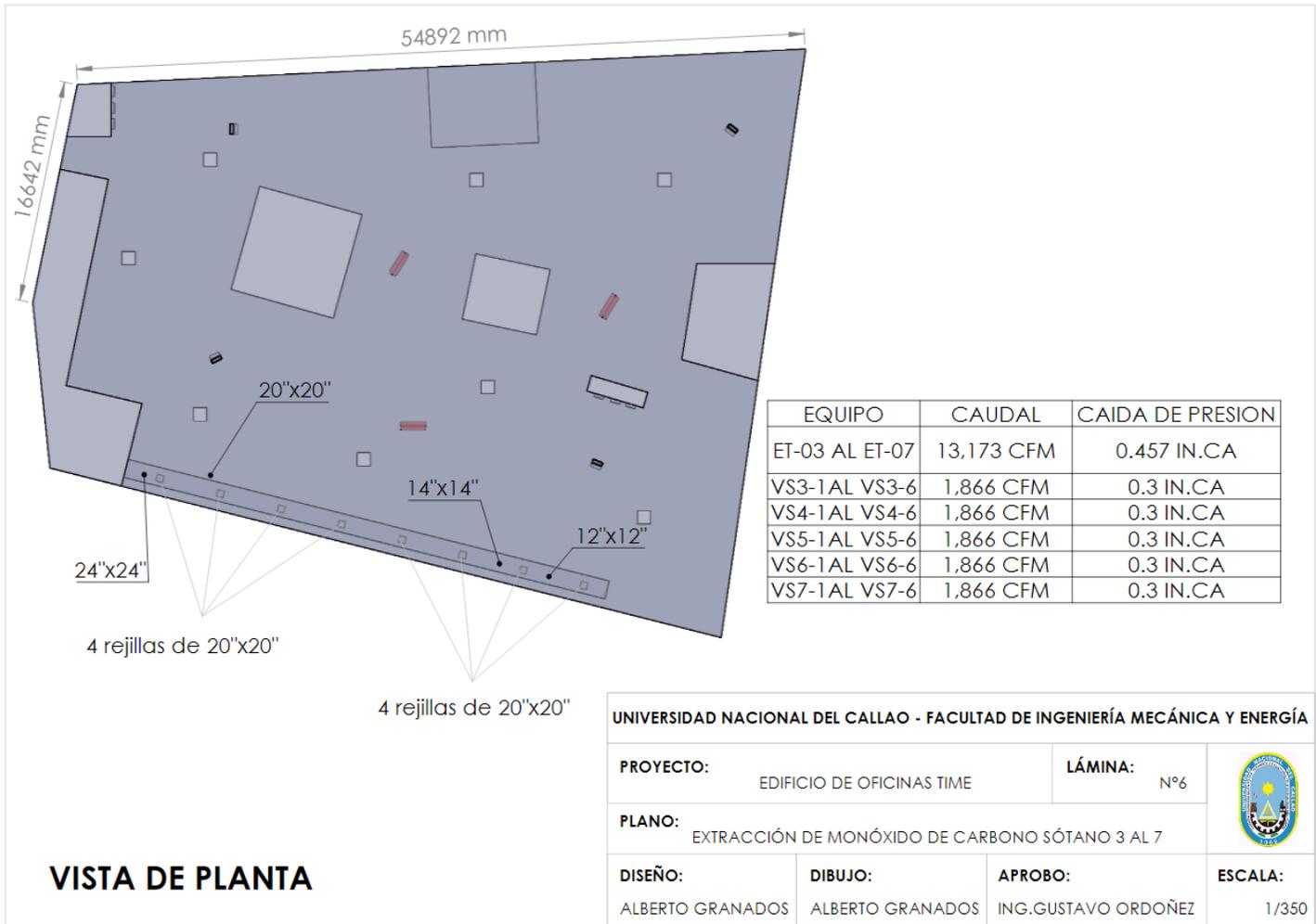


N.º DE ELEMENTO	MODELO DE VENTILADOR	CANTIDAD
1	ifab S&P	4
2	TCP-6450 S&P	3
3	LCS S&P	6
4	TDB S&P	1

VISTA ISOMÉTRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO - FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA			
PROYECTO: EDIFICIO DE OFICINAS TIME		LÁMINA: N°5	
PLANO: EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO SÓTANO 3 AL 7			
DISEÑO: ALBERTO GRANADOS	DIBUJO: ALBERTO GRANADOS	APROBO: ING.GUSTAVO ORDOÑEZ	ESCALA: 1/350

ANEXO 8: PLANO DEL SÓTANO 3 AL 7-PARTE 2 2



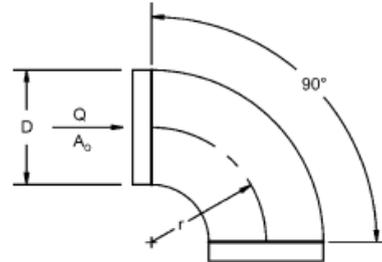
VISTA DE PLANTA

ANEXO 9: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE I

ROUND FITTINGS

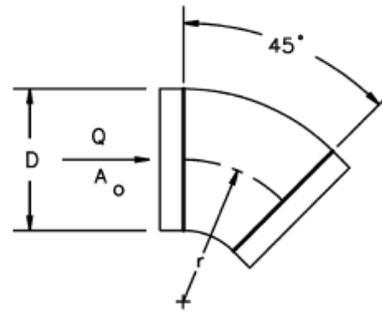
CD3-1 Elbow, Die Stamped, 90 Degree, $r/D = 1.5$

D , in.	3	4	5	6	7	8	9	10
C_o	0.30	0.21	0.16	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11



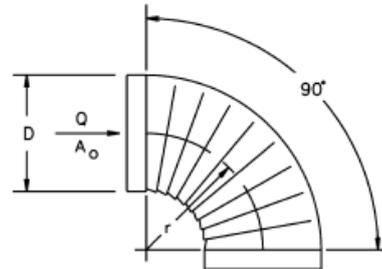
CD3-3 Elbow, Die Stamped, 45 Degree, $r/D = 1.5$

D , in.	3	4	5	6	7	8	9	10
C_o	0.18	0.13	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07



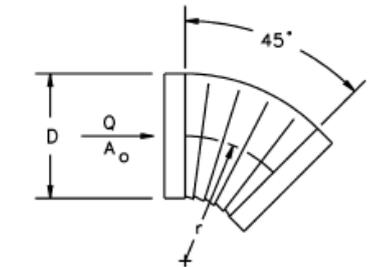
CD3-5 Elbow, Pleated, 90 Degree, $r/D = 1.5$

D , in.	4	6	8	10	12	14	16
C_o	0.57	0.43	0.34	0.28	0.26	0.25	0.25



CD3-7 Elbow, Pleated, 45 Degree, $r/D = 1.5$

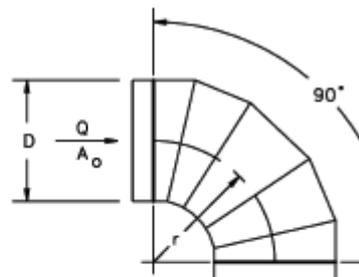
D , in.	4	6	8	10	12	14	16
C_o	0.34	0.26	0.21	0.17	0.16	0.15	0.15



ANEXO 10: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE II

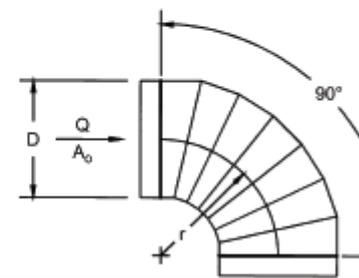
CD3-9 Elbow, 5 Gore, 90 Degree, $r/D = 1.5$

D , in.	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	60
C_o	0.51	0.28	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12



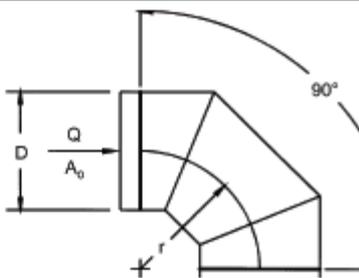
CD3-10 Elbow, 7 Gore, 90 Degree, $r/D = 2.5$

D , in.	3	6	9	12	15	18	27	60
C_o	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03



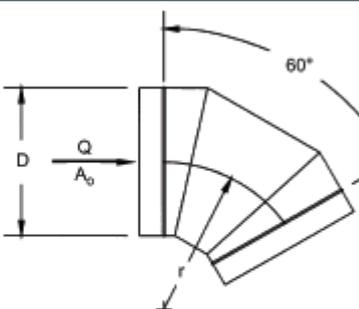
CD3-12 Elbow, 3 Gore, 90 Degree, $r/D = 0.75$ to 2.0

r/D	0.75	1.00	1.50	2.00
C_o	0.54	0.42	0.34	0.33



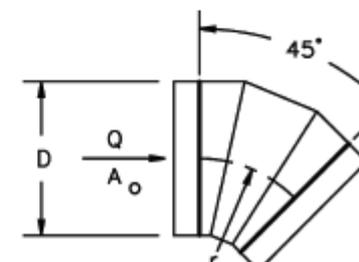
CD3-13 Elbow, 3 Gore, 60 Degree, $r/D = 1.5$

D , in.	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	60
C_o	0.40	0.21	0.16	0.14	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09



CD3-14 Elbow, 3 Gore, 45 Degree, $r/D = 1.5$

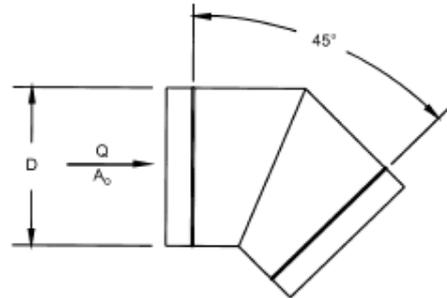
D , in.	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	60
C_o	0.31	0.17	0.13	0.11	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07



ANEXO 11: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE III

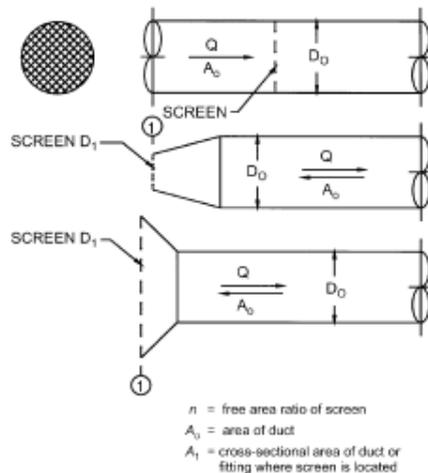
CD3-17 Elbow, Mitered, 45 Degree

D, in.	3	6	9	12	15	18	21	24	27	60
C_D	0.87	0.79	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67



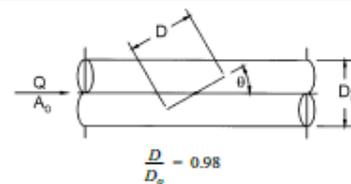
CD6-1 Screen (Only)

A_1/A_0	C_D Values														
	n														
0.2	155.00	102.50	75.00	55.00	41.25	31.50	24.25	18.75	14.50	11.00	8.00	3.50	0.0	0.0	0.0
0.3	68.89	45.56	33.33	24.44	18.33	14.00	10.78	8.33	6.44	4.89	3.56	1.56	0.0	0.0	0.0
0.4	38.75	25.63	18.75	13.75	10.31	7.88	6.06	4.69	3.63	2.75	2.00	0.88	0.0	0.0	0.0
0.5	24.80	16.40	12.00	8.80	6.60	5.04	3.88	3.00	2.32	1.76	1.28	0.56	0.0	0.0	0.0
0.6	17.22	11.39	8.33	6.11	4.58	3.50	2.69	2.08	1.61	1.22	0.89	0.39	0.0	0.0	0.0
0.7	12.65	8.37	6.12	4.49	3.37	2.57	1.98	1.53	1.18	0.90	0.65	0.29	0.0	0.0	0.0
0.8	9.69	6.40	4.69	3.44	2.58	1.97	1.52	1.17	0.91	0.69	0.50	0.22	0.0	0.0	0.0
0.9	7.65	5.06	3.70	2.72	2.04	1.56	1.20	0.93	0.72	0.54	0.40	0.17	0.0	0.0	0.0
1.0	6.20	4.10	3.00	2.20	1.65	1.26	0.97	0.75	0.58	0.44	0.32	0.14	0.0	0.0	0.0
1.2	4.31	2.85	2.08	1.53	1.15	0.88	0.67	0.52	0.40	0.31	0.22	0.10	0.0	0.0	0.0
1.4	3.16	2.09	1.53	1.12	0.84	0.64	0.49	0.38	0.30	0.22	0.16	0.07	0.0	0.0	0.0
1.6	2.42	1.60	1.17	0.86	0.64	0.49	0.38	0.29	0.23	0.17	0.13	0.05	0.0	0.0	0.0
1.8	1.91	1.27	0.93	0.68	0.51	0.39	0.30	0.23	0.18	0.14	0.10	0.04	0.0	0.0	0.0
2.0	1.55	1.03	0.75	0.55	0.41	0.32	0.24	0.19	0.15	0.11	0.08	0.04	0.0	0.0	0.0
2.5	0.99	0.66	0.48	0.35	0.26	0.20	0.16	0.12	0.09	0.07	0.05	0.02	0.0	0.0	0.0
3.0	0.69	0.46	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.02	0.0	0.0	0.0
4.0	0.39	0.26	0.19	0.14	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.0	0.0	0.0
6.0	0.17	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0



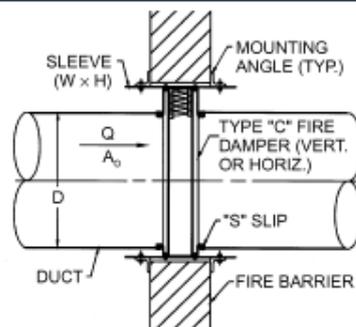
CD9-1 Damper, Butterfly

θ	0	10	20	30	40	50	60	70	75	90
C_D	0.60	0.85	1.70	4.0	9.4	24	67	215	400	9999



CD9-3 Fire Damper, Curtain Type, Type C, Horizontal Duct

$C_D = 0.12$



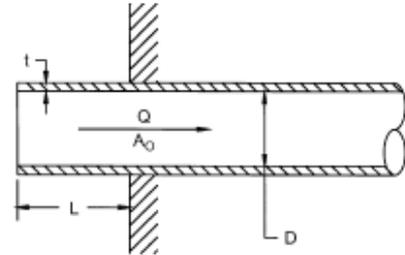
ANEXO 12: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE IV

Duct Design

21.29

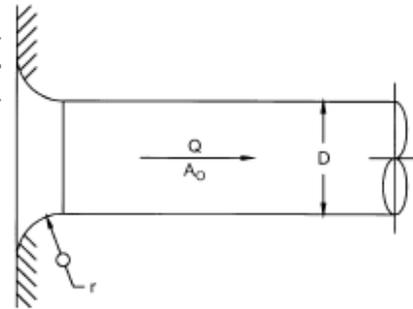
ED1-1 Duct Mounted in Wall

t/D	C_p Values									
	L/D									
	0.0	0.002	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	10.0	
0.00	0.50	0.57	0.68	0.80	0.86	0.92	0.97	1.00	1.00	
0.02	0.50	0.51	0.52	0.55	0.60	0.66	0.69	0.72	0.72	
0.05	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
10.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	



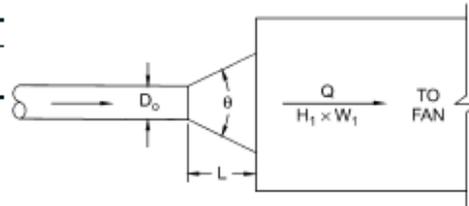
ED1-3 Bellmouth, with Wall

r/D	0.0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	10.0
C_p	0.50	0.44	0.37	0.31	0.26	0.22	0.20	0.15	0.12	0.09	0.06	0.03	0.03



ED2-1 Conical Diffuser, Round to Plenum, Exhaust/Return Systems

A_1/A_2	C_p Values													
	L/D_2													
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0			
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.5	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13			
2.0	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10			
2.5	0.13	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09			
3.0	0.17	0.12	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08			
4.0	0.23	0.17	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08			
6.0	0.30	0.22	0.16	0.13	0.12	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08			
8.0	0.34	0.26	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09			
10.0	0.36	0.28	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09			
14.0	0.39	0.30	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.10	0.10			
20.0	0.41	0.32	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10			
1000.0	0.41	0.32	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10			

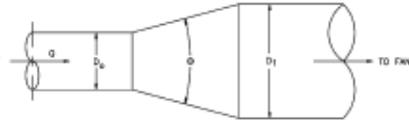


A_1/A_2	Optimum Angle θ , degrees													
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0			
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.5	17	10	6.5	4.5	3.5	2.8	2.2	1.7	1.2	1.0	0.8			
2.0	21	14	8.5	6.2	5.0	4.3	3.8	3.0	2.3	2.0	1.6			
2.5	25	16	10	7.4	6.0	5.4	4.8	4.0	3.5	3.0	2.5			
3.0	27	17	11	8.5	7.0	6.1	5.6	4.8	4.2	3.8	3.2			
4.0	29	20	13	9.8	8.0	7.2	6.6	5.8	5.2	4.8	4.4			
6.0	31	21	14	11	9.4	8.2	7.4	6.2	5.6	5.2	4.7			
8.0	32	22	15	12	10	8.8	8.0	6.6	5.8	5.4	5.0			
10.0	33	23	15	12	11	9.4	8.4	7.0	6.2	5.5	5.2			
14.0	33	24	16	13	11	9.6	8.7	7.3	6.3	5.6	5.4			
20.0	34	24	16	13	11	9.8	9.0	7.5	6.5	6.0	5.6			
1000.0	34	24	16	13	11	9.8	9.0	7.5	6.5	6.0	5.6			

ANEXO 13: PÉRDIDAS POR ACCESORIOS PARTE V

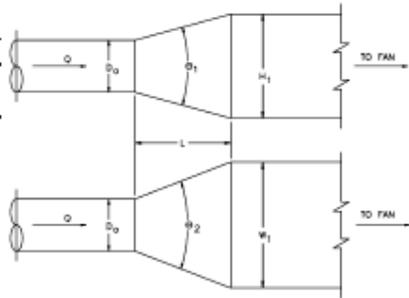
ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems

A_p/A_1	C_p Values												
	θ												
	0	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.063	0.0	0.18	0.18	0.20	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.10	0.0	0.20	0.18	0.20	0.27	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83
0.167	0.0	0.18	0.17	0.18	0.25	0.33	0.48	0.66	0.77	0.74	0.73	0.73	0.72
0.25	0.0	0.20	0.17	0.16	0.21	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62
0.50	0.0	0.15	0.13	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30
1.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.0	0.30	0.26	0.21	0.19	0.19	0.19	0.23	0.27	0.51	0.73	0.90	0.95
4.00	0.0	1.60	1.14	0.75	0.70	0.70	0.70	0.90	1.09	2.78	4.29	5.63	6.53
6.00	0.0	3.89	3.02	1.73	1.58	1.58	1.58	2.12	2.66	6.62	10.01	13.03	15.12
10.00	0.0	11.80	9.30	5.30	5.00	5.00	5.00	6.45	7.90	19.00	28.50	36.70	42.70

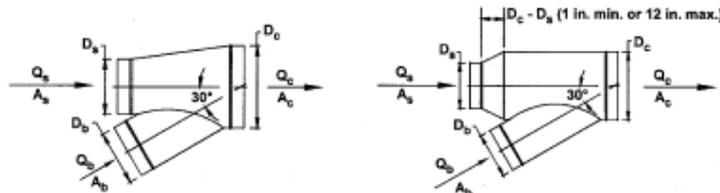


ED4-2 Transition, Round to Rectangular, Exhaust/Return Systems

A_p/A_1	C_p Values												
	θ												
	0	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.063	0.0	0.17	0.19	0.30	0.46	0.53	0.64	0.77	0.88	0.95	0.95	0.94	0.93
0.10	0.0	0.17	0.19	0.30	0.45	0.53	0.64	0.75	0.84	0.89	0.89	0.89	0.88
0.167	0.0	0.18	0.19	0.30	0.44	0.53	0.63	0.72	0.78	0.79	0.79	0.79	0.79
0.25	0.0	0.16	0.18	0.25	0.36	0.45	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64
0.50	0.0	0.14	0.14	0.15	0.22	0.25	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
1.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.0	0.30	0.27	0.26	0.28	0.25	0.19	0.23	0.27	0.52	0.75	0.91	0.95
4.00	0.0	1.60	1.14	0.84	0.85	0.86	0.76	0.90	1.09	2.78	4.30	5.65	6.55
6.00	0.0	3.89	3.04	1.84	1.77	1.78	1.73	2.18	2.67	6.67	10.07	13.09	15.18
10.00	0.0	11.80	9.31	5.40	5.18	5.15	5.05	6.44	7.94	19.06	28.55	36.75	42.75



ED5-1 Wye, 30 Degree, Converging



A_1/A_c	A_2/A_c	C_p Values								
		Q_1/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.1	-13.25	-1.80	0.01	0.55	0.75	0.84	0.88	0.91	0.97
	0.2	-56.10	-10.12	-2.80	-0.63	0.19	0.53	0.69	0.75	0.78
	0.3	-127.28	-23.81	-7.31	-2.44	-0.59	0.19	0.52	0.66	0.70
	0.4	-226.84	-42.88	-13.55	-4.89	-1.61	-0.22	0.38	0.62	0.68
	0.5	-354.79	-67.34	-21.52	-7.98	-2.86	-0.69	0.24	0.61	0.70
	0.6	-511.13	-97.21	-31.22	-11.73	-4.35	-1.23	0.11	0.64	0.77
	0.7	-695.87	-132.47	-42.66	-16.13	-6.08	-1.84	0.00	0.71	0.89
	0.8	-909.01	-173.14	-55.83	-21.17	-8.05	-2.51	-0.12	0.82	1.05
	0.9	-1151.	-219.20	-70.73	-26.87	-10.27	-3.25	-0.22	0.97	1.26
	1.0	-1420.	-270.66	-87.36	-33.21	-12.72	-4.05	-0.31	1.15	1.51

ANEXO 14: FICHA TÉCNICA DEL TCP



TCP - VENTILADORES TUBOAXIALES JET FAN
TCP 400, 450 y 500

HÉLICES

TCP 400: Lámina troquelada con acabado en pintura en polvo poliéster electrostática.

TCP 450 y 500: Aluminio inyectado, antichispa, de inclinación ajustable y resistente a la corrosión.

APLICACIONES



TIPO DE APLICACIÓN



ESTACIONAMIENTO



REQUERIMIENTOS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

*Nivel sonoro medido de acuerdo con las normas AMCA 300/05 y 30/05

Modelo	Velocidad RPM	Empuje N	Velocidad de impulsión m/s	Potencia HP	Caudal a descarga l/m ² /hr / CFM	Tensión Volta	Intensidad A	Potencia sonora LwA	Peso aprox. Kg
TCP 400	1750	9.3	7.0	1/3	3,588 / 2,112	127 / 220	7.6 / 3.3	69	76
TCP/6 450	1150	18.0	10.3	1/2	4,951 / 2,914	208-230 / 460	2.65-2.40 / 120	72	84
TCP/6 500	1135	38.0	12.7	3/4	5,393 / 3,173	208-230 / 460	2.8-2.6 / 1.32	72	94
TCP/4 450	1755	62.0	17.0	1	7,211 / 4,244	220 / 460	3.0 / 1.5	83	84
TCP/4 500	1755	86.0	19.1	1 1/2	10,371 / 6,104	208-230 / 460	4.5-4.3 / 2.1	85	96

En caso de requerir este modelo en voltaje 480V, favor de enviar pedido a planta.



Soler y Palau S.A. de C.V. certifica que los modelos TCP 400, TCP/6 450, TCP/6 500, TCP/4 450, TCP/4 500 han sido aprobados para tener el sello de prestaciones certificadas por AMCA. Los valores de caudal, presión y potencia sonora que aquí se muestran fueron obtenidos en ensayos y procedimientos desarrollados de acuerdo con las publicaciones AMCA 211, 311 y cumplen con los requerimientos del programa de certificación AMCA. Los datos de Caudal-Presión certificados fueron obtenidos en instalación tipo A: Sin ducto en la succión y sin ducto en la descarga. Los valores obtenidos están basados en velocidad constante, y no incluyen las pérdidas por accesorios (Malla). Los valores de potencia sonora (LwA) mostrados fueron realizados en instalación tipo A: Sin ducto en la succión, sin ducto en la descarga. El rango de ponderación A está calculado con base en el estándar internacional AMCA 301.

Soler y Palau S.A. de C.V. certifies that the model TCP 400, TCP/6 450, TCP/6 500, TCP/4 450, TCP/4 500 shown herein is licensed to bear the AMCA certified ratings seal. The ratings shown are based on test and procedures performed, in accordance with AMCA publication 211 and 311 and comply with the requirements of the AMCA certified ratings program. Performance certified is for installation type A: free inlet, free outlet. Power rating (BHP) do not include transmission losses. Performance ratings do not include the effects of appurtenances (accessories). Values shown are for outlet LwA sound power levels for installation type A: free inlet, free outlet. The A-weighted sound ratings shown have been calculated per AMCA International Standard 301.

TCP Rev:01 May 2016

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

Los niveles sonoros indicados en la tabla de características técnicas son niveles de presión sonora medidos a 1.5 metros en campo libre. Los espectros sonoros de las tablas siguientes son niveles de potencia acústica en 4 y 6 polos.

MODELO	FRECUENCIA EN OCTAVA DE BANDAS								LwA	Sones
	63 Hz	125 Hz	250Hz	500Hz	1 kHz	2KHz	4KHz	8KHz		
TCP 400	64	76	71	63	60	61	59	56	68.9	9.1
TCP/6 450	69	80	71	65	65	67	59	52	72.3	10.9
TCP/6 500	75	79	78	63	64	62	56	53	72.4	11.1
TCP/4 450	79	82	91	76	75	71	67	63	84	21
TCP/4 500	82	85	91	76	79	74	71	67	85	24

ANEXO 15: FICHA TÉCNICA IFAB



JET FANS CENTRÍFUGOS

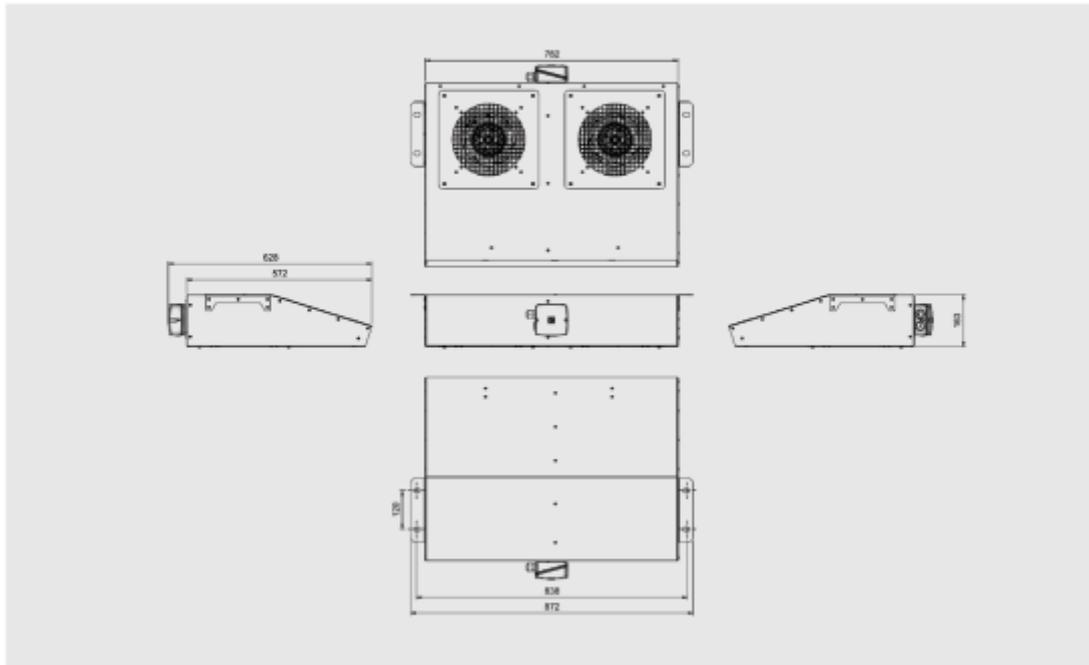
IFAB 60HZ

Características técnicas

Modelo	Nº de polos	Velocidad (rpm)	Empuje (N)	Caudal (m³/h)	Potencia nominal (kW)	FLC (A)	Frecuencia (Hz)	Nivel sonoro (LwA)	Nivel de presión sonora* (LpA) 3m	Peso (kg)
IFAB-C	2	2600/2640	11/11	2480/2510	0.46/0.67	2.2/3.0	50/60	7/7	7/7	18

*Nivel de presión sonora medida a 3 metros en campo libre para comparación.

Dimensiones (mm)



Esquema de conexiones

